Aus dem chemischen Institut der Universität Breslau.

Ueber die Zusammensetzung des rumänischen Erdöles und die Synthese eines seiner Bestandteile.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

der hohen

philosophischen Fakultät der Kgl. Universität Breslau

vorgelegt

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

und mit ihrer Genehmigung veröffentlicht

von

Nicolae Popovici
aus Bukarest.

Mittwoch, den 2. Juni 1909, Vormittags 11 1/2 Uhr

im Musiksaal der Universität

Vortrag:

„Die neueren Ansichten über die Entstehung des Erdöles"

und

Promotion.

Breslau
Druck und Verlag H. Fleischmann
1909

Gedruckt mit Genehmigung der philosophischen Fakultät der Universität Breslau.

Referent: Herr Geheimrat Prof. Dr. **Ladenburg**.

Meinem hochverehrten Lehrer

Herrn Geheimen Regierungsrat

Professor Dr. A. Ladenburg

in Dankbarkeit

gewidmet.

Vorliegende Arbeit wurde in der Zeit vom Wintersemester 1906/07 bis Wintersemester 1908/1909 im chemischen Institut der Universität Breslau ausgeführt.

Es sei mir gestattet, an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer

Herrn Geheimen Regierungsrat

Professor Dr. A. Ladenburg

für die freundliche Unterstützung bei der Ausführung meiner Arbeit und für das mir stets bewiesene rege Interesse und Wohlwollen meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Auch Herrn

Privatdozenten Dr. K. Löffler

danke ich aufs beste für manche Anregung und Förderung, die ich während meiner Studienzeit von ihm erhielt.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548214_0035

Ferner gestatte ich mir den Herren

Professor Dr. C. Hintze

und

Professor Dr. F. Frech

für die gütige Anteilnahme am Fortgang meiner Studien und die wohlwollende Förderung derselben meinen herzlichsten Dank zu sagen.

Ebenso versichere ich den Herren

Professor Dr. W. Herz

Privatdozent Dr. O. Sackur

und

Dr. G. Baumann

dass ihr jederzeit betätigtes Interesse und ihre Liebenswürdigkeit mir stets in dankbarer Erinnerung bleiben werden.

Gleichfalls fühle ich mich angenehm verpflichtet, meinem früheren Lehrer und Chef Herrn

Professor Dr. Stefan Minovici

Bukarest

sowie dem Herrn

Abgeordneten Constantin Popovici

ebendaselbst, für ihre hilfreiche Unterstützung meinen innigsten Dank abzustatten.

Das zur Untersuchung und Verarbeitung verwendete Rohöl wurde mir einerseits durch das rumänische Domänenministerium, andrerseits durch die Direktion der Aktiengesellschaft „Steaua Romana“ in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellt. Das erstere Produkt, welches ich ausschliesslich für den chemischen Teil verbraucht habe, stammte aus verschiedenen Orten, während das letztere einem einzigen Bohrloche, Campina, Bezirk Prahowa (Walachei) entnommen war.

Das Rohöl aus Campina, das ich für die physikalischen Bestimmungen und Messungen benutzt habe, stellt eine schwarzbraune, ziemlich bewegliche Flüssigkeit dar, deren Geruch von ätherisch-petroleumartigen, jedoch nicht unangenehmen Charakter ist. Zum Zwecke der Untersuchung wurde dieses Rohöl zunächst mit Chlorcalcium gut getrocknet und darauf durch fraktionierte Destillationen in etwa 50 Fraktionen zerlegt, die ich einzeln, ebenso wie das Rohöl selbst, durch folgende Bestimmungen charakterisierte:

1) Aeusseres Aussehen und Geruch,
2) Spezifisches Gewicht
3) Viskosität (Flüssigkeitsgrad)
4) Ausdehnungskoeffizient
5) Entflammungspunkt
6) Entzündungspunkt
7) Brechungsvermögen
8) Leuchtkraft
9) Optische Aktivität
10) Molekulargewicht

11) Elementaranalyse
12) Heizwert.

Bevor ich mit der Fraktionierung des Rohöls begonnen habe, wurde in diesem zunächst der Wasser- und der Aschengehalt quantitativ bestimmt, und zwar der Wassergehalt nach der Volumenprozentmethode von Charitschkoff[1]), der Aschengehalt durch Abdunsten des Rohöls und Glühen des Rückstandes im gewogenen Porzellantiegel.

Was die Bestimmung des Wassergehaltes anlangt, so wurde hierzu eine Vorrichtung benützt, die im wesentlichen aus einem 200 ccm fassenden Rundkolben bestand, welcher am unteren Ende zu einem feinen, geschlossenen, gut kalibriertem Rohr ausgezogen war. Das Rohr fasste 5 ccm und war auf Zehntel ccm graduiert. In den Kolben wurde eine Mischung von 100 ccm Rohöl und 100 ccm gut getrocknetem Benzin gebracht und zwei Tage unter öfterem Schütteln gut verschlossen stehen gelassen. Nach dieser Zeit hatte sich das Wasser im unteren Rohr angesammelt, sodass man die vorhandene Menge direkt ablesen konnte. Sie betrug 0,38 ccm, d. h. ebensoviel Prozent.

Zur Bestimmung des Aschengehaltes wurden 2,3199 g Rohöl im gewogenen Porzellantiegel vorsichtig verdunstet, und der Rückstand bis zur Gewichtskonstanz geglüht. Die Wägung ergab 0,0011 g Asche, was einem Prozentgehalt von 0,0474% anorganischer Substanz entspricht.

Weiterhin wurde die Hauptmenge des Rohöls vor der Fraktionierung mittels Chlorkalcium entwässert.

Von diesem so präparierten Rohöl habe ich 25 l der fraktionierten Destillation unterworfen und zwar in folgender Weise: Je 1 l des Rohöls wurde in einen grösseren Siedekolben gebracht, und die bis 50° übergehende Fraktion unter guter Kühlung aufgefangen. Weiterhin wurden noch 5 Fraktionen von je 50° Siedepunktsdifferenz gesammelt, bis 300° erreicht waren; der Rückstand wurde zur späteren Vakuumdestillation aufbewahrt.

---

[1]) Chem. Zentrbl. 2640 (1896).

Zur Reinigung der Kohlenwasserstoffe wurden die Fraktionen einzeln zunächst mit conc. Schwefelsäure durchgeschüttelt, wobei alle Verharzungen aufgenommen wurden. Nach dem Ablassen der Schwefelsäure wurde zur Entfernung der noch vorhandenen geringen Mengen von freier Säure mit conc. Natronlauge und dann wiederholt mit Wasser ausgeschüttelt, bis dieses eine neutrale Reaktion zeigte. Die einzelnen Fraktionen wurden dann wieder mit Chlorkalcium getrocknet.

Zur weiteren Zerlegung der Fraktionen wurde ein sechskugeliger Destillationsaufsatz nach Le Bel-Henninger benützt. Es wurden jetzt folgende Fraktionen aufgefangen: Zunächst das bis 30° Uebergehende (Vorlage gut gekühlt), dann die Fraktionen 30°—40°, 40°—50° und so fort, Fraktionen von zehn zu zehn Grad bis 100°. Von 100° an bildete ich Fraktionen von je 5 Grad Siededifferenz bis 200°, von 200°—300° wieder Fraktionen von je 10° Differenz:

Alle diese Fraktionen wurden nun einzeln in kleineren Kolben innerhalb ihrer Siedegrenzen weiter destilliert und zwar jede 6 mal, wobei Vorlauf und Rückstand mit den entsprechenden benachbarten Fraktionen vereinigt wurden.

Hierbei ist zu beachten, dass das Thermometer so angebracht war, dass die Quecksilberkugel nur wenig unterhalb des Ueberleitungsrohres sich befand, ferner dass die Destillationsgeschwindigkeit stets so reguliert war, dass nur 2—3 ccm pro Minute übergingen. Endlich sei noch erwähnt, dass die Fraktionen von 200°—300° nur mit einem dreikugeligen Aufsatz rektifiziert werden konnten.

Der bis 300° nicht übergangene Teil wurde nun der Vakuumdestillation unterworfen (12 mm Druck). Hierbei stellte es sich heraus, dass das Produkt bereits bei der auffallend niederen Temperatur von 80° zu sieden begann. Um nun eine gleichmässig fortschreitende Stufenfolge der Fraktionen zu erzielen, destillierte ich die letzte Fraktion

(290°—300°) im Vakuum, die dann bei 12 mm Druck zwischen 140—150 überging. Die Vakuumdestillation der Rückstände führte ich jetzt in der Weise weiter, dass das von 80°—150° Uebergehende abgefangen wurde, und als erste Vakuumfraktion, im Anschluss an die Fraktionen bei unvermindertem Druck, der zwischen 150°—175° bei 12 mm Druck übergehende Teil gewählt wurde. Die Vakuumfraktion 80°—150° wurde bei unvermindertem Druck nach dem Vorbilde der übrigen Fraktionsbildung wiederholt rektifiziert und mit den correspondierenden Fraktionen vereinigt.

Im Vakuum wurden nun weiterhin Fraktionen aufgestellt von 25 zu 25 Grad bis 300°. Das oberhalb dieser Temperatur Uebergehende, war nicht mehr mit Sicherheit für physikalische Messungen zu verwenden, da hier schon Zersetzungserscheinungen auftraten.

Was die Ausbeute an einzelnen Fraktionen anlangt, so war zu beobachten, dass stets diejenigen Fraktionen am stärksten vertreten waren, innerhalb derer die Siedepunkte ganz bestimmter im Rohöl vorkommender einheitlicher Kohlenwasserstoffe liegen. Zum Beispiel konnte die Fraktion 70°—80° in relativ grosser Menge isoliert werden, was wohl mit einem grösseren Gehalt des Rohöls an Hexamethylen vom Siedepunkt 71° zusammenhängt. Die die Ausbeute an einzelnen Fraktionen anschaulich machenden Zahlen sind in Tabelle I. wiedergegeben. Die Gesamtmenge der unzersetzt siedenden Fraktionen betrug 81,32%, der im Vakuum unter Zersetzung siedenden 7,13% vom verwendeten Rohöl. 1,55% war koksartiger Rückstand, und der durch die zahlreichen Destillationen bedingte Verlust belief sich auf 10% des gesamten Rohöls.

Mit allen aufgestellten Fraktionen wurden nun die bereits oben angekündeten Untersuchungen angestellt, über deren Resultate ich in den folgenden Kapiteln, sowie in den zugehörigen Tafeln und Kurven berichte.

I.

Aeusseres Aussehen und Geruch.

Während das Rohöl eine bei auffallendem Lichte olivgrüne, bei durchscheinendem Lichte schwarzbraune undurchsichtige Flüssigkeit vorstellt, sind die Fraktionen etwa bis 300° wasserhelle, das Licht mehr oder weniger stark brechende Flüssigkeiten, die Fraktionen der Vakuumdestillation gelblich bis bräunlich und von zähflüssiger bis salbenartiger Consistenz.

Was den Geruch anbetrifft, so ist der des Rohöls, wie schon erwähnt, schwach ätherisch-petroleumartig, jedoch nicht unangenehm. Der Geruch der unteren Fraktionen ist stark ätherisch, nimmt aber mit den höheren Fraktionen an Intensität ab und ist bei den Fraktionen der Vakuumdestillation fast unmerklich.

II.

Spezifisches Gewicht.

Da mir für die Bestimmung des spezifischen Gewichtes der einzelnen Fraktionen grössere Flüssigkeitsmengen zur Verfügung standen, benutzte ich hierzu die hydrostatische Wage von Westphal mit dem Reimann'schen Schwimmer, d. i. ein Schwimmer, in dem sich ein abgekürztes Thermometer befindet.

Die Dichtebestimmungen der Fraktion bis zur Vakuumfraktion 175°—200° erfolgten bei 15° C. Die 4 letzten Fraktionen mussten wegen ihrer zähen Consistenz auf eine höhere Temperatur erwärmt werden. Indessen habe ich später diese spezifischen Gewichte nach Ermittelung der Ausdehnungskoeffizienten durch Rechnung auf 15° reduziert. Alle angegebenen Werte für die spezifischen Gewichte der einzelnen Fraktionen beziehen sich auf Wasser von 15° C.

Das spezifische Gewicht des Rohöls ist

0,8367 bei 15° C und

0,8340 bei 18° C.

Das spezifische Gewicht der niedrigsten Fraktion (bis 30°) ist 0,6361. Von hier aus nehmen die spezifischen Ge-

wichte stetig zu und erreichen mit der letzten Fraktion (275°—300° im Vakuum) ihren höchsten Wert mit 0,9112. Die Zahlen für die einzelnen Fraktionen sind in Tabelle I. wiedergegeben. Anschliessend an diese Tabelle lasse ich eine Kurventafel folgen, auf deren X-Achse die einzelnen Fraktionen im Abstande ihrer Siededifferenzen, und zwar pro Grad 1 Millimeter, eingetragen sind, und auf deren Y-Achse sich die Zahlen für die spezifischen Gewichre befinden. Die Kurve selbst steigt stetig, wenn auch nicht gleichmässig.

III.

Viskosität.

Zur Bestimmung des Flüssigkeitsgrades habe ich den Viskosimeter nach Engler benützt. Der Apparat selbst wurde vor jeder Bestimmung gut gereinigt und mit der zu untersuchenden Fraktion ausgewaschen. Die Ausflussgeschwindigkeit der einzelnen Fraktionen habe ich stets durch 3 Beobachtungen festgelegt, den mittleren Wert dieser Beobachtungen habe ich in Tabelle II eingetragen.

Als Normaltemperatur für die flüssigen Fraktionen habe ich 20° C, für die zähflüssigen 50° C gelten lassen. Die vergleichsweise Ausflussgeschwindigkeit des Wassers wurde bei 20° C bestimmt. Als Einheit der Ausflussgeschwindigkeit diente laut erfolgter Aichung die Zeit von 52 Sekunden für eine Wassermenge von 200 ccm bei der Temperatur 20° C.

Bedeutet $V_{20}{}^{0}$ die Auslaufsdauer eines Fraktionsvolumens bei 20° C, $W_{20}{}^{0}$ die Auslaufsdauer des gleichen Wasservolumens bei 20° C und V den gesuchten Viskositätsgrad der Fraktion, so ist $V = \frac{V_{20}{}^{0}}{W_{20}{}^{0}}$. Dieser Ausdruck wird auch besser als Englergrad bezeichnet. Aus dem Englergrad wurde die spezifische Zähigkeit mit Hilfe der Formel [1])

[1]) Obige Formel wurde durch vergleichende Versuche von Poisseuille mit Kapillarinstrumenten zur Ermittelung der inneren Reibung bestätigt.

$Z = s\ (4{,}072\ E - \frac{3{,}513}{E}$ berechnet, worin Z die spezifische Zähigkeit, s das spezifische Gewicht, E den Englergrad bedeutet. Wegen der eigentümlichen Abhängigkeit des ersten und zweiten Gliedes der Formel von E ändert sich das Verhältnis der Glieder am stärksten in der Nähe des Englergrades 1. Hier ist die Einwirkung kleiner Versuchsfehler schon so gross, dass es nicht möglich ist, die spezifische Zähigkeit der in Frage kommenden Fraktionen genügend genau zu ermitteln. Auf diese Weise erklärt es sich auch, dass ich bei den ersten Fraktionen bis etwa 100° negative Werte für den spezifischen Zähigkeitsgrad erhalten habe.

Des Weiteren habe ich den Schmierfähigkeitskoeffizienten mittels einer Formel von Kryloff berechnet. Bezeichnet man den Entflammungspunkt der in Frage kommenden Fraktion mit T, den Englergrad mit A und dividiert die erste Zahl durch die zweite, so erhält man einen Koeffizienten, $\delta = \frac{T}{A}$, den Kryloff den Schmierfähigkeitskoeffizienten eines Oeles nennt. Da die nach dieser Formel berechneten Koeffizienten die Abhängigkeit von den Siedepunkten besonders der höheren Fraktionen recht mangelhaft veranschaulichen, habe ich einen andern Koeffizienten der Schmierfähigkeit aufgestellt, welcher stets einen Zusammenhang mit den Siedepunkten der Fraktionen erkennen lässt. Ich habe nämlich die Zahl für den Entflammungspunkt dividiert durch die spezifische Zähigkeit und hierbei einen Koeffizienten $\delta' = \frac{T}{Z}$ erhalten, welcher mit den steigenden Fraktionen stetig an Grösse abnimmt. Die näheren Zahlen sind in die Tabelle II eingetragen.

Das Rohöl hat den Englergrad 1,3134 und die spezifische Zähigkeit 2,226. Der von Kryloff und mir aufgestellte Schmierfähigkeitskoeffizient des Rohöls würde einen negativen Wert ergeben, da der Entflammungspunkt desselben bereits unter 0° liegt.

IV.

Ausdehnungskoeffizient.

Zur Bestimmung der Wärmeausdehnung des Rohöls und der Fraktionon habe ich das modifizierte Dilatometer von Kopp benutzt. Dieses besteht aus einem 10 ccm fassenden, unten durch einen Glashahn verschlossenen Glaszylinder, der oben zu einem feinen gut kalibrierten Rohr ausgezogen ist. Dieses Rohr fasste gerade 1 ccm Flüssigkeit und war durch Graduierung in 200 Teile geteilt, so dass 200 tel resp. durch schätzungsweise Interpolierung 1000 tel ccm ablesen konnte. Von dem unteren Glashahn führt ein Schlauch zu einem verstellbaren Scheidetrichter. Die zu bestimmende Flüssigkeit wurde, nachdem sie auf die Temperatur von 0° gebracht worden war, zunächst in den hochgestellten Scheidetrichter gefüllt und aus diesem durch Oeffnung des Hahnes in den Glascylinder genau bis zur 10 ccm Marke fliessen gelassen. Der Cylinder war seiner ganzen Länge nach einschliesslich des graduierten Rohres von einem weiten und grossen Reagensrohr umgeben, in dem sich ein Rührer befand. Dieses Reagensrohr steckte seinerseits in einem grossen Becherglase, das ebenfalls einen Rührer enthielt. Reagensrohr wie Becherglas wurden zur Durchführung des Versuches mit Wasser von 0° gefüllt, das bei der Erwärmung stetig gut durchgerührt werden musste. Die Erwärmung geschah langsam, und die Ablesung erfolgte von 5 zu 5 Grad. Hierbei ist zu beachten, dass die spezifische Wärme des Quecksilbers (im Thermometer) grösser ist als die der Petroleumfraktionen, und dass somit die Erwärmung des Thermometers auf eine bestimmte Temperatur schneller erfolgt als die des Petroleums. Vor den einzelnen Ablesungen war es also geboten etwa 2 Minuten zu warten, bis sich ein völliges Wärmegleichgewicht eingestellt hatte.

Was nun die Ausdehnungskoeffizienten der untersuchten Kohlenwasserstoffe anbetrifft, so besteht ein bestimmter Zusammenhang zwischen diesen, der Tem-

peratur und dem Siedepunkt. Es herrschen folgende Beziehungen:

1. Mit steigendem Siedepunkte der Fraktionen nimmt ihr Ausdehnungskoeffizient ab und

2. Mit steigender Temperatur der Beobachtung nimmt der Ausdehnungskoeffizient ein und derselben Fraktion zu.

Die abgelesenen Zahlen sind in Tabelle III wiedergegeben. Für jede Fraktion ist die mittlere relative Ausdehnung pro Grad und ccm berechnet, die durch Addition der mittleren Ausdehnung des Jenenser Glases (0,0000253) auf die absolute reduziert ist.

Das Rohöl hatte die mittlere relative Ausdehnung 0,000883 und die absolute Ausdehnung 0,000908 pro Grad und ccm.

V.

Entflammungspunkt.

Unter Entflammungspunkt versteht man nach Post[1]) den Temperaturgrad, bei dem das Petroleum unter bestimmten Umständen brennbare Dämpfe in solcher Menge entwickelt, dass sie mit Luft gemischt, bei Annäherung einer Flamme explodieren. Da der ermittelte Entflammungspunkt indessen keine physikalische Konstante bedeutet, die Höhe desselben vielmehr sehr von dem benutzten Apparat abhängt, so wird der Entflammungspunkt nur durch die angewendete Arbeitsweise definiert.

Ich habe mich des in Deutschland amtlich vorgeschriebenen Petroleumprobers nach Abel, modifiziert von Pensky, bedient. Da die Struktur dieses Apparates nicht erlaubte die Entflammungspunkte oberhalb 50° festzustellen, wurden die Fraktionen, deren Entflammungspunkte über 50° lagen, nach Brenken in einem offenen Tiegel nach dieser Richtung hin untersucht.

Was die Resultate anbelangt, so ist im allgemeinen zu sagen, dass die Entflammungspunkte steigen mit den

[1]) Post's Chemisch-Technische Analyse I. 308 (1903).

steigenden Siedepunkten der Fraktionen. Das Nähere besagt Tabelle.

VI.

Entzündungspunkt.

Der Entzündungspunkt eines Oeles ist die Temperatur, bei der bei Annäherung einer Flamme nicht nur Explosion sondern fortdauerndes Brennen stattfindet. Auch dieser ist keine physikalische Konstante, sondern durch die Versuchsausführung definiert. Ich habe mich des bereits bei der Bestimmung der Entflammungspunkte der höheren Fraktionen verwendeten Brenken'schen Apparates bedient.

Der Entzündungspunkt liegt stets höher als der Entflammungspunkt und zwar wird die Differenz mit den steigenden Siedepunkten der Fraktionen grösser. Die einzelnen Werte habe ich in der Tabelle angegeben.

VII.

Brechungsvermögen.

Sämtliche Brechungsindices wurden mit dem Pulfrich'schen Reagensglas-Refraktoskop für rotes Licht bestimmt. Die Versuchstemperatur war durchgehends 15° C. Es wurde zunächst der Brechungsindex N der einzelnen Qraktionen festgestellt und aus diesem die spezifische Refraktion berechnet nach der Formel von Lorentz

$$R = \frac{N^2 - 1}{N^2 + 2} \cdot \frac{1}{d}$$

worin R die spezifische Refraktion, N den Brechungsindex und d die Dichte bedeutet. Desgleichen habe ich das spezifische Brechungsvermögen mit der einfacheren, jedoch nicht so genaue Werte gebenden Formel $R = \frac{N-1}{d}$ berechnet.

Die Molekularrefraktion, d. i. das Produkt aus spezifischer Refraktion und Molekulargewicht ergab sich aus der Formel

$$MR = \frac{N^2 - 1}{N^2 + 2} \cdot \frac{M}{d}$$

Alle Zahlenangaben sind in Tabelle IV eingetragen. Refraktionsindex, spezifisches Berechnungsvermögen und molekulares Berechnungsvermögen nehmen abgesehen von geringen Schwankungen mit den steigenden Fraktionen stetig zu.

VIII.

Leuchtkraft.

Im Hinblick auf die Tatsache, dass das Petroleum die grösste und wichtigste Anwendung seiner Leuchtkraft zu verdanken hat, war es von hohem Interesse die Leuchtkraft der einzelnen Fraktionen zu untersuchen. Allerdings kamen hier nur die Fraktionen 140°—300° in Betracht, da das praktisch verwendete Petroleum sich nur aus diesen Fraktionen zusammensetzt. Da die Leuchtkraft des Petroleums um so grösser ist, je besser dasselbe raffiniert ist, so wurden die einzelnen Fraktionen vor Ausführung dieser Bestimmungen wiederholt mit conc. Schwefelsäure, dann mit Natronlauge und schliesslich mit Wasser durch geschüttelt und mit Chlorkalcium sorgfältig getrocknet.

Zur Bestimmung der Leuchtkraft habe ich mich eines sogenannten Kosmos — 10‴ Rundbrenners bedient. Die Cylinderlänge betrug 250 mm, der Durchmesser am oberen Ende 28 mm, an der Einschnürung 20 mm. Der Abstand der Einschnürung vom unteren Ende war 46 mm. Der Docht war 250 mm lang und 50 mm breit. Zu jedem Versuch, d. h. für jede Fraktion wurde ein neuer Docht eingezogen.

Nachdem der Docht scharf beschnitten war, wurde die Lampe bis zu 10 mm unterhalb des Beginnes des Glasbassinzapfens mit der zu untersuchenden Petroleumfraktion (etwa 400 g) von der Temperatur + 15° gefüllt. Dann wurde das Gewicht der Lampe ohne Cylinder aber mit Gallerie und Docht bis auf 1 g genau festgestellt und die Zimmertemperatur, wie auch der Barometerstand ermittelt. Der

Docht wurde jetzt angezündet und die Flammenhöhe so eingestellt, dass dieselbe genau bis zur Cylindereinschnürung reichte. War nach etwa 15 Minuten die Dochthülse der Lampe entsprechend angewärmt, so wurde die Flamme langsam aber andauernd höher geschraubt, bis sie die grösstmögliche Höhe erreicht hatte. Als Grenze hierfür nahm ich den Punkt an, bei welchem die Spitze der Flamme leicht zu zucken begann, bezw. sich Neigung zur Russabscheidung zeigte. Nachdem die Lampe eine halbe Stunde in voller Höhe gebrannt hatte, wurde die erste Messung unternommen.

Als Instrument zur Ermittelung der Lichtintensität benutzte ich eine verbesserte Konstruktion des Bunsenschen Photometers mit der Lummer-Brodhun'schen Prismenkombination. Die normale Amylacetatflamme nach Hefner-Alteneck von 40 mm Höhe hatte von der zu prüfenden Petrolflamme den festen Abstand von 3 m. Auf der Photometerbank war ein verschiebbarer und um seine Achse drehbarer Schirm angebracht, auf dem sich, eingeschlossen von 2 Glasprismen, ein Fettfleck befand. Die Beobachtungen wurden stets so vollführt, dass zunächst bei normaler Stellung des Schirmes eingestellt und die Entfernung von der Normalflamme abgelesen, sodann der Schirm um 180° gedreht wurde, so dass die Lichtstrahlen der beiden Lichtquellen durch die vertauschten Prismen auf den Fettfleck fielen. Jetzt wurde wieder auf Verschwinden des Fettflecks eingestellt, und als geltender Wert wurde das Mittel beider Beobachtungen aufgestellt.

Die Leuchtkraft der zu prüfenden Flamme wurde nach dem physikalischen Prinzip berechnet, dass die Helligkeit zweier Lichtquellen, welche verschiedene Flächen gleich hell beleuchten, sich wie die Quadrate ihrer Entfernungen von diesen Flächen verhalten.

Die Ablesungen selbst fanden nach $^1/_2$, 1, 2, 4 und 6 Stunden statt. Nach 6 Stunden wurde die Lampe abermals gewogen, und aus der Differenz mit der ersten Wägung ergab sich der Oelverbrauch.

Zu bemerken ist noch, dass ich mich während sämtlicher photometrischen Beobachtungen allein im Photometerzimmer befand. Es brannte kein Ofen und es wurde auch nicht geraucht, was die Resultate infolge Wegnahme von Luftsauerstoff wesentlich beeinflusst hätte. Ueberhaupt wurde alles, was auf die Leuchtkraft eine günstige oder ungünstige Wirkung ausüben konnte, nach Möglichkeit vermieden.

Ueber die Resultate, die des Näheren in Tabelle V wiedergegeben sind, ist zu sagen, dass die Fraktion 150°—160° mit 16,79 Lichtstärke (ausgedruckt in Normalkerzen) die stärkste Leuchtkraft besitzt, und dass die Lichtstärke bei den höheren Fraktionen stetig abnimmt. Was die Russabsonderung am Docht anbelangt, so ist zu bemerken, dass diese bei der Fraktion von 140°—150° gleich war, jedoch bei den höheren Fraktionen bemerkbar und bei den letzten untersuchten Fraktionen sogar erheblich wurde.

IX.

Optische Aktivität.

Optische Aktivität trat nur bei den höher siedenden Vakuumfraktionen und auch hier nur in geringem Grade auf. Tabelle IV gibt die absoluten Drehungswinkel an, bezogen auf ein Polarisationsrohr von 200 mm Länge und die Temperatur 20° C.

X.

Molekulargewicht.

Die Molekulargewichte der Fraktionen wurden nach der Gefrierpunktserniedrigungsmethode nach Beckmann bestimmt. Das Molekulargewicht der Fraktion 30—40° ist 83,8. Von hier ab nimmt es bei den weiteren Fraktionen stetig zu und erreicht schliesslich bei der letzten Vakuumfraktion 275°—300° den Wert 362,3. Die Zahlenwerte sind in Tabelle VI eingetragen.

XI.

Elementaranalyse.

Die prozentuale Zusammensetzung der Kohlenwasserstoffe wurde mittels der Liebig'schen Elementaranalyse festgestellt. Auf das Rohöl entfallen 85,94% Kohlenstoff und 13,72% Wasserstoff. Die Analyse der Fraktionen zeigte, dass der Gehalt an Kohlenstoff bei den höher siedenden Fraktionen stetig zu-, der Gehalt an Wasserstoff stetig abnimmt. Die äussersten Werte liegen in der Fraktion 30—40% mis C = 83,23% und H = 16,68% und in der letzten Vakuumfraktion 275°—300° mit C = 87,31% und H = 12,74%. Im übrigen sind die Analysen aller Fraktionen in Tabelle VI wiedergegeben.

Im Rohöl konnte ausser Kohlenstoff und Wasserstoff noch Stickstoff nachgewiesen werden und zwar in einer Menge von 0,66%.

XII.

Heizwert.

Der Heizwert wurde bestimmt mittels der Berthelot-Mahler'schen Bombe, die den Wasserwert 481 g hatte. Da der Apparat, welcher mir zur Verfügung stand, nicht für flüssige Substanzen eingerichtet war, sondern nur für feste oder salbenartige Körper, so habe ich nur den Heizwert der Rückstände und der Vakuumfraktionen 200°—225° und 235°—250° bestimmt. Es repräsentierten an kleinen Kalorien 1 g der Rückstände — 10563,14

„ der Vkfr. 200—225° — 10723,04

„ „ „ 225°—250 — 10669,42.

Die theoretisch-berechneten Werte sind in Tabelle VI enthalten.

Chemischer Teil.

Das Erdöl stellt ein Gemisch vieler und sehr verschiedener Kohlenwasserstoffe dar. Zweck der chemischen Untersuchungen war es, bestimmte Kohlenwasserstoffe zu isolieren, resp. deren Zugehörigkeit zu den bekannten Kohlenwasserstoffreihen festzustellen und so ein Bild zu erhalten von der ungefähren chemischen Zusammensetzung des untersuchten Erdöls.

Zunächst war es von Interesse festzustellen, ob Kohlenwasserstoffe der Paraffinreihe am Aufbau des Petrols beteiligt wären und welche davon sich etwa isolieren liessen. Zu diesem Ende verfuhr ich in folgender Weise:

Die Fraktion 30°—40° wurde zur Entfernung etwa vorhandener ungesättigter Kohlenwasserstoffe mehrfach mit conc. Schwefelsäure, hierauf mit Natronlauge und schliesslich mit Wasser durchgeschüttelt, getrocknet und mehrmals über metallischem Natrium mit einem 6 kugeligen Le Bel-Henninger'schem Destillationsaufsatz destillert. Dann wurde bei einer abermaligen Destillation über Natrium das zwischen 36° und 38° Uebergehende gesondert aufgefangen. Ich erhielt eine sehr leicht bewegliche, stark ätherisch riechende Flüssigkeit, die ich analysierte. Die Analyse ergab:

0,1757 g Substanz lieferte
0,5372 g CO_2
0,2401 g H_2O

Gefunden: 83,39% C und 16,71% H.

Diese Werte stimmen überein mit der prozentualen Zusammensetzung des Pentans, nämlich:

83,33% C und 16,67% H.

Das spezifische Gewicht wurde bei 15° zu 0,6340 ermittelt, das das Normalpentans ist $D^{15} = 0{,}6337$.

Es ist demnach wohl ausser allem Zweifel, dass das von mir erhaltene Destillat (36°—38°) fast ausschliesslich aus Normalpentan besteht.

Weiterhin habe ich die Fraktionen 60°—70° und 70°—80° in derselben Weise wie Fraktion 30°—40° hergestellt und aus diesen eine mittlere Fraktion 65°–75° gewonnen. Diese wurde ebenfalls wiederholt über Natrium destilliert, und bei der letzten Destillation wurde das zwischen 67°—69° Uebergehende gesondert aufgefangen. Die Analyse ergab:

Aus 0,1520 g Substanz erhielt ich
0,4660 g CO_2 und
0,2250 g H_2O Daraus ergibt sich 83,62% C und 16,45% H. Das bei 69° siedende Normalhexan enthält 83,72 C und 16,28%.

Das spezifische Gewicht meines Destillates ist bei 15° 0,6733, das des Hexans ist $D^{17} = 0{,}6630$. —

Die übereinstimmenden Werte deuten mit grosser Sicherheit auf das Vorhandensein von Hexan hin.

Durch den Nachweis von Pentan und Hexan ist die Anwesenheit von Grenzkohlenwasserstoffen im rumänischen Petroleum sicher gestellt. Die Prüfung auf Paraffine habe ich bei möglichst niederen Fraktionen angestellt, weil hier die Zahl der Isomeren noch nicht so gross ist, als bei den höher siedenden Fraktionen und somit die Reingewinnung der gesuchten Kohlenwasserstoffe einfacher und rascher vor sich geht.

Nachdem die Anwesenheit von Paraffinen in dem vorliegenden Rohöl ausser Frage gestellt war, habe ich versucht auch der Aefinreihe angehörige Kohlenwasserstoffe nachzuweisen. Von vornherein möchte ich bemerken, dass ich zu diesen Versuchen nur Fraktionen benutzt habe, die weder vor noch nach der Destillation mit irgend einem chemischen Agens wie Schwefelsäure etc. in Berührung gekommen waren. Zum Nachweis der Olifine wurden einige Fraktionen unter 100° mit Kaliumpermanganat behandelt, jedoch blieben die charakteristischen Reaktionen aus. Desgleichen lagerten die Fraktionen bis 60° kein Brom an.

Was die höheren Fraktionen anbelangt, so entfärbten die über 200° siedenden zwar eine erhebliche Menge von Permanganatlösung, jedoch zwingt diese Beobachtung nicht zu der Annahme, dass das Rohöl Olefine enthält, sondern der Grund zur Entfärbung ist lediglich dem Umstande zuzumessen, dass bei der Destillation Zersetzungs- respektive Polimerisationserscheinungen auftraten. Die die Entfärbung des Permanganats verursachenden ungesättigten Kohlenwasserstoffe sind also nicht als präexistierend anzunehmen, sondern im Laufe der Destillation durch Zersetzung hoch siedender Fraktionen entstanden.

Konnte ich die Anwesenheit von Olefinen im Rohöl durch Kaliumpermanganat nicht nachweisen, so waren von vornherein auch die Angehörigen der Acetylenreihe ausgeschlossen. Indessen untersuchte ich, um ganz sicher zu gehen, auch die im Rohöl gelösten Gase, indem ich diese durch leichtes Anwärmen des Erdöls durch ein Rohr in eine ammoniakalische Silbernitratlösung und dann auch in eine ammoniakalische Kupferchloridlösung leitete. Beide Lösungen blieben vollkommen klar, woraus man angesichts der Empfindlichkeit der Reagentien mit Sicherheit auf die Abwesenheit von Acetylenhomologen schliessen konnte.

Um auf Kohlenwasserstoffe der Benzolreihe zu prüfen habe ich die Fraktionen 75°—85°, 110°—120° und 135°—140° getrennt mit gleichen Volumen eines Gemenges von 1 Teil conc. Schwefelsäure und 3 Teilen conc. Salpetersäure unter Kühlung durchgeschüttelt. Hierbei bildeten sich im Scheidetrichter unter starker Erwärmung stets 3 Schichten, von denen die obere Schicht die unangegriffenen Kohlenwasserstoffe enthielt, die mittlere, welche besonders bei Fraktion 75°—85° stark nach Bittermandelöl roch, die gebildeten Nitroprodukte der aromatischen Kohlenwasserstoffe und die unterste das restierende Gemisch von Schwefelsäure und Salpetersäure darstellte.

Zunächst wurde die bei der Behandlung der Fraktion 75°—85° entstandene mittlere Schicht mit Wasser versetzt,

wobei sich gelbliche nadelförmige Krystalle ausschieden, die nach dreimaligem Umkrystallisieren aus Alkohol den Schmelzpunkt 88,5° hatten. Die Krystalle konnten ihrem Aussehen und ihrem Schmelzpunkte nach nichts anderes als m-Dinitrobenzol vorstellen (Schmelzpunkt des Dinitrobenzols 90°).

Aus der mittleren Schicht der Fraktion 110°—120° konnten durch Wasser sternförmig angeordnete Nadeln abgeschieden werden, die nach dreimaligem Umkrystallisieren aus Alkohol den Schmelzpunkt 70°—72° zeigten. Die Krystalle konnten als m-Dinitrotoluol angesprochen werden, das den Schmelzpunkt 70,5° hat.

Die Fraktion 135—140° lieferte eine mittlere Schicht, aus der ich wieder durch Zusatz von Wasser gelbliche nadelförmige Krystalle abschied, die zweimal aus Alkohol umkrystallisiert den Schmelzpunkt 179° hatten, und somit der Hauptmenge nach aus Trinitrometaxylol bestanden, das den Schmelzpunkt 182° besitzt.

Da es mein Ziel nicht war sämtliche Kohlenwasserstoffe der Benzolreihe nachzuweisen, zumal da gerade mehrere Glieder der aromatischen Reihe bereits von Poni im rumänischen Erdöl gefunden worden sind, so habe ich mich mit obigen Versuchen begnügt und mein Augenmerk vielmehr auf den Nachweis resp. die Isolierung der Naphtheme gerichtet.

Nach dem heutigen Stande der Forschung stellen die Naphtheme des Erdöls Kohlenwasserstoffe dar, die zum mindesten drei verschiedenen Systemen angehören, welche abgeleitet werden können:

1. Von den hexahydrierten Benzolen (Hexamethylen)
2. Vom Pentamethylen
3. Von anderen Polymethylenen.

Den Nachweis der Anwesenheit von Naphthenen im rumänischen Erdöl führte ich wie Markownikow in der Weise, dass ich die Fraktion 75—85° zunächst mit Schwefelsäure auswusch. Nach dem Ablassen der Schwefelsäure

wurde dieselbe Fraktion mit einer Mischung von 1 Teil Schwefelsäure und 3 Teilen conc. Salpetersäure gut durchgeschüttelt. Letzteres um die Benzolkohlenwasserstoffe in Nitro- resp. Dinitroprodukte überzuführen und so zu entfernen. Die oberste der wieder entstehenden 3 Schichten wurde jetzt allein mit conc. Salpetersäure durchgeschüttelt und über der Säure die Nacht hindurch stehen gelassen, was man bei der vorliegenden Fraktion ohne Gefahr tun darf. Die niedrig siedenden Naphtheme reagieren nämlich mit Salpetersäure schwach oder unmerklich und stehen somit in gewissem Gegensatz zu den höher siedenden Naphthemen, welche mit conc. Salpetersäure Nitroverbindungen oder gar Spaltungsprodukte liefern.

Nach der Entfernung der Säure wurde die Fraktion noch einmal mit einer kleinen Menge frischer Salpetersäure und dann zur Beseitigung der anhaftenden Säure mit schwacher Natronlauge durchgeschüttelt. Weiterhin wurde mehrfach mit Wasser ausgewaschen und zur Entfernung der letzten Spuren von Benzol Triphenylmethan hinzugesetzt, das eine Molekel Krystallbenzol unter Bildung eines krystallisierten Körpers zu addieren vermag. Die Krystalle wurden von dem Petrol abfiltriert, dieses getrocknet und am Rückflusskühler über metallischem Natrium einige Stunden erwärmt, um die noch vorhandenen geringen Mengen von Nitrokörpern, sowie gebildete Verharzungen zu beseitigen. Die so präparierte Fraktion wurde nun über frischem Natrium der Destillation mittels eines Le Bel-Henninger'schem 6 kugeligen Aufsatzes unterworfen wobei das zwischen 78°—80° Uebergehende besonders aufgefangen und mehrfach bis zur konstanten Siededifferenz destilliert wurde und zwar immer über Natrium. Jetzt schien mir der auf diese Weise erhaltene Kohlenwasserstoff hinlänglich rein, und ich bestimmte demnach zunächst dessen spezifisches Gewicht bei 20° C $D_4^{20} = 0{,}7479$. Die Analyse ergab:

0,1312 g Substanz lieferten
0,4114 g CO_2 und
0,1596 g H^2O. Dem entsprechen
85,52% C und
14,62% H.

Der Siedepunkt des Cyclohexans ist nach Bayer 79°, dessen prozentuale Zusammensetzung ist C = 85,71% und H = 14,29%. Die Annahme, dass das von mir isolierte Destillat nichts anderes als Cyclohexan vorstellt, wurde noch durch die Ermittlung des Molekulargewichts gestützt. Eine 6,103% Lösung der Substanz in Benzol gab eine Gefrierpunktserniedrigung von 3,49° C. Das hieraus nach der Raoul'schen Formel berechnete Molekulargewicht ist 85,6. Für C_6H_{12} berechnet M = 84.

Was die Ausbeute an diesem Kohlenwasserstoff anbelangt, so habe ich aus 1 l der bis 100° übergehenden Fraktion ca. 70 ccm desselben erhalten.

Obwohl nach den angegebenen physikalischen Konstanten die Identität der von mir gewonnenen Fraktion 78°—80° mit dem Cyclohexan ziemlich klargelegt ist, so habe ich hierfür den völligen Beweis erbracht, indem es mir gelang den Kohlenwasserstoff zu Adipinsäure zu oxydieren. Die Oxydation führte ich in folgender Weise aus:

50 ccm des Kohlenwasserstoffes wurden mit 500 ccm conc. Salpetersäure vom spezifischen Gewicht 1,42 in einem Rundkolben mit eingeschliffenem Rückflusskühler 60 Stunden lang gekocht bis keine gefärbten Gase mehr entwichen. Der Kolbeninhalt wurde dann bis auf ein Viertel abdestilliert und der Rückstand auf dem Wasserbade eingedampft. Die erhaltene gelbliche krystallinische Masse wurde mit wenig Wasser durchgerührt, welches nach 12 stündigem Stehen rasch abgesaugt wurde. Zu dem Produkt wurde dann 25 prozentigrs Ammoniak bis zur Lösung hinzugefügt und die Lösung zweimal mit Aether ausgewaschen. Dann wurde die ammoniakalische Lösung durch Salzsäure angesäuert, worauf sich beim Erkalten die Adipinsäure in glanzlosen Blättchen abschied. Der Schmelz-

punkt dieser unreinen Substanz lag zwischen 130°—150°. Nach zweimaligem Umkrystallisieren aus wenig siedendem Wasser erhielt ich einen glatten Schmelzpunkt von 148°—150°. Die Adipinsäure schmilzt bei 149,5°.

Analyse: 0,1620 g Substanz
gaben 0,2911 g CO_2
und 0,1026 g H_2O

Demnach C = 49,01%
H = 7,04%

Berechnet für $C_6O_4H_{10}$
C = 49,32%
H = 6,85%.

Aus 50 ccm des Kohlenwasserstoffes vom Siedepunkt 78°—80° erhielt ich 7 g rohe und ca 4,5 g reine Adipinsäure.

Isolierung der Dekanaphthene aus dem Rohöl.

Obwohl ich durch die Isolierung des Hexanaphthens bereits das Vorhandensein von Naphthenen im rumänischen Erdöl nachgewiesen habe, versuchte ich, teils um den Nachweis besser zu stützen, teils um einen weiteren Beitrag zur Kenntnis der natürlich vorkommenden Naphthene zu liefern, noch andere Glieder dieser Reihe aus dem Erdöl abzusondern. Ich machte es mir zur Aufgabe die Dekanaphthene zu isolieren. Durch Verhältnisse, welche die Ausbeutefrage berühren, wurde ich dahin geleitet in Sonderheit das β-Dekanaphthen aus dem Erdöl zu gewinnen. Es gelang mir dann auch diesen Körper synthetisch darzustellen, was der Inhalt eines späteren Kapitels sein soll.

Was nun das von mir eingeschlagene Verfahren zur Isolierung der Dekanaphthene anbelangt, so habe ich im grossen ganzen nach derselben Methode gearbeitet, wie bei der Isolierung des Hexanaphthens. Zunächst wurde aus dem Rohöl die Fraktion 160°—175° abgeschieden, welche wieder mit einem Gemisch von 3 Teilen conc. Salpetersäure und 1 Teil conc. Schwefelsäure unter guter Kühlung rasch durchgeschüttelt wurde. Hier konnte ich nicht des weiteren

mit conc. Salpetersäure durchschütteln, da die höher siedenden Naphthene leicht mit Salpetersäure unter Bildung von Nitrokörpern und Spaltungsprodukten reagieren. Nach dem Auswaschen mit Wasser und dem Trocknen mittels Chorkalcium habe ich die so präparierte Fraktion 3 mal über metallischem Natrium destilliert und hierbei stets das zwischen 160°—170° Uebergehende aufgefangen. Aus diesem Destillat (ca. 600 ccm) wurden nun durch eine recht umfangreiche fraktionierte Destillation, die stets über Natrium ausgeführt wurde, 5 Fraktionen gebildet, und zwar: 160°—162°, 162°—164°, 164°—167°, 167°—169° und 169°—170°. Nach etwa 30 Destillationen, bei denen stets der Barometerstand zur Korrektur herangezogen wurde, war die Ausbeute an den einzelnen Fraktionen folgende:

Fraktion	Ausbeute
160°—162°	70 ccm
162°—164°	146 ccm
164°—167°	46 ccm
167°—169°	178 ccm
169°—170°	63 ccm

Von diesen 5 Fraktionen mussten den Ausbeuten gemäss, die Fraktionen 162°—164° und 167°—169° die reinsten Kohlenwasserstoffe enthalten, und zwar den Siedepunkten nach die erstere α-, die letztere β-Dekanaphthen.

Erstere hatte ein spezifisches Gewicht von $D_4^{15} = 0{,}7832$ und die Analyse ergab aus

0,1169 g Substanz
0,3676 g CO^2 und
0,1508 g H_2O. Dem entsprechen 85,76% C
und 14,33% H.
Berechnet auf $C_{10}H_{20}$
85,71% C.
und 14,28%

Eine 5,706% Lösung dieser Fraktion in Benzol gab eine Gefrierpunktserniedrigung von 2,68°, dem entspricht ein Molekulargewicht von 141,3. Berechnet 140,2.

Die Fraktion 167°—169° hatte ein spezifisches Gewicht von $D_4^{150} = 0{,}7974$.

Analyse:

0,1074 g Substanz
gaben 0,3375 g CO_2
und 0,1380 g H_2O. Dem
entsprechen 85,70% C
und 14,28% H.
Berechnet 85,71% C
und 14,29% H.

Was das Molekulargewicht anbelangt, so gab eine 6,311% Lösung in Benzol eine Gefrierpunktserniedrigung von 2,17°. Daraus ergibt sich das Molekulargewicht 142,1. Berechnet auf $C_{10}H_{20}$ 140,2.

Das Brechungsindex des β-Dekanaphthens betrug 1,437 bei 20° und für das rote Licht, dem entspricht eine Molekularrefraktion von 46,64 (berechnet mittels der Formel $\frac{n^2 * 1}{n^2 + 1} \cdot \frac{M}{s}$). Der nach den Brühl'schen Zahlen[1]) berechnete theoretische Wert ist 45,71.

Durch die übereinstimmenden physikalischen Konstanten war die Identität der Fraktionen 162°—164° und 167°—169° mit α- resp. β-Dekanapthen erwiesen.

Zur besseren Charakteristik der Naphthene habe ich verschiedene Substitutionsprodukte des β-Dekanaphthens

[1]) Zeitschr. für phys. Chemie 74 (1891).

dargestellt und das chemische Verhalten derselben studiert. Zunächst habe ich das β-Dekanaphthen nach Konowalow nitriert und zwar in folgender Weise:

Je 5 ccm des Kohlenwasserstoffes wurden mit der theoretischen, d. i. der 5 fachen Menge von verdünnter Salpetersäure (spec. Gew. 1,075) im geschlossenen Rohr 12 Stunden lang auf 120°—125° erhitzt. Dann wurden die vereinigten Röhreninhalte mit Sodalösung gewaschen, getrocknet und destilliert, wonach das bis 172° Uebergehende, was aus unangegriffenem Kohlenwasserstoff bestand, wiederum unter denselben Verhältnissen im geschlossenen Rohr erhitzt wurde. Der Röhreninhalt wurde wieder so wie vorher behandelt und so fort bis alles nitriert war. Die vereinigten Nitroprodukte wurden im Vakuum bei 12 mm Druck destilliert. Der Rückstand, welcher der Hauptmenge nach aus Dinitroprodukten bestand, wurde nicht weiter behandelt. Die überdestillierten Mononitroprodukte, welche nach Arbeiten von Konowalow nur sekundärer und tertiärer Natur waren, wurden in folgender Weise getrennt:

Das Gemisch wurde im Scheidetrichter mit der halben theoretischen Menge Natriumalkohol unter Kühlung versetzt und soviel Wasser hinzugefügt, bis das sich bildende Natriumsalz des sekundären Produktes gelöst war. Weiterhin wurde mit Ligroin durchgeschüttelt, wodurch das gesamte tertiäre Nitroprodukt in Lösung ging. Die Lösung des sekundären und die ligroinische Lösung des tertiären Nitrodekanaphthens wurden getrennt. Erstere wurde mit Essigsäure bis zur beginnenden Trübung angesäuert, darauf mit etwas Borsäure versetzt und der Wasserdampfdestillation unterworfen, wobei sich das sekundäre Nitroprodukt als gelbes Oel mit Wasserdämpfen verflüchtete. Letztere wurde mit Chlorkalcium getrocknet und im Vakuum bei 40 mm Druck destilliert. Nachdem sich das Ligroin verflüchtet hatte, ging das tertiäre Nitroprodukt bei 146° —148° über. Dasselbe stellt eine schwach gelbliche Flüssigkeit

von starkem aber nicht unangenehmen Geruch dar. Das spezifische Gewicht war $D_4^{17,0} = 0{,}9841$.

Analyse:

0,1400 g Substanz
gaben 0,3341 g CO_2
und 0,1286 g H_2O. Dem
entsprechen 64,88% C und
10,21% H.

0,1802 g Substanz gaben 12,60 ccm N bei 21° C und 736 mm Barometerstand, in Prozenten: 7,66% N. Berechnet auf $C_{10}H_{19}NO_2$

64,86% C
10,27% H
und 7,59% N.

Ausbeute an tertiärem Nitrodekanaphthen war 60%, an sekundärem 17% des nitrierten Gemenges.

Da ich an tertiärem Nitroprodukte grössere Mengee zur Verfügung hatte, benutzte ich dieses zur weiteren Verarbeitung.

Darstellung des Keto-β-dekanaphthens.

Auf Anregung des Herrn Geheimrat Professor Dr. Ladenburg versuchte ich aus dem tertiären Nitro-β-dekanaphthen das entsprechende Keton zu erhalten. Die Reduktion zum Keton konnte nicht mit Zink und Salzsäure ausgeführt werden, da sich hierbei vorzugsweise das entsprechende Amin bildet, sondern ich musste Zinkstaub und Essigsäure verwenden. Das Nitroprodukt wurde mit einem Ueberschuss von conc. Essigsäure versetzt und gut durchgeschüttelt. Dann wurde Zinkstaub in kleinen Portionen in das Gemisch eingetragen und das Ganze bei aufgesetztem Rückflusskühler auf dem Wasserbade erwärmt, bis das gebildete Keton sich in öliger Schicht oben abgeschieden hatte. Dann wurde das Keton mit Wasserdämpfen übergetrieben und das Destillat, das erhebliche Mengen von Essigsäure enthielt mit Kalilauge neutralisiert. Da das Keton etwas in Wasser löslich ist, wurde das Destillat mit Glaubersalz gesättigt und so alles

Keton ausgesalzen. Die im Scheidetrichter abgeschiedene Ketonschicht wurde mit Chlorkalcium getrocknet und destilliert. Das Keton ging zwischen 203—206° unzersetzt über. Die Ausbeute an reinem Keton betrug 20% des Nitroproduktes.

Das spezifische Gewicht des Keto-β-dekanaphthens war $D^{15°} = 0{,}8591$. Die Analyse ergab aus

0,1260 g Substanz
0,3596 g CO_2
und 0,1328 g H_2O
Dem entsprechen 77,83% C
11,62% H
und 10,55% O
als fehlend zu 100,00%

Berechnet auf $C_{10}H_{18}O$:
C = 77,89%
H = 11,68%
O = 10,49%

Das so erhaltene Keton ist eine bewegliche gelbliche Flüssigkeit von ätherischem Geruch, der dem des Rautenöls sehr nahe kommt.

Das Semikarbazon.

Etwas mehr als die berechnete Menge einer gesättigten salzsauren Semikarbazonlösung wurde mit dem Keton gut vermischt und durchgeschüttelt und zur Mischung etwas Natriumacetat hinzugefügt. Das Semikarbazon wurde abgesaugt und aus Aether umkrystallisiert. Schmelzpunkt 126°—128°.

Analyse:

0,1486 g Substanz gaben
0,3408 g CO_2 und
0,1338 g H_2O. D. h.
62,55% C und
10,01% H.

0,2429 g Substanz gaben 43,6 ccm N bei 16° C und 733 mm Druck. Daraus ergibt sich 20,37% N.

Berechnet auf $NH_2 CONHN = C_{10}H_{18}$
$C = 62{,}54\%$
$H = 9{,}95\%$ und
$N = 19{,}90\%$

Das Semikarbazon bildet blättrige perlmutterglänzende Blättchen, die in Wasser ziemlich leicht, in Alkohol etwas weniger und in Aether ziemlich schwer löslich sind.

Das Phenyl-Hydrazon.

Das Keton wurde mit der berechneten Menge Phenylhydrazin vermischt. Es schieden sich in geringer Menge gelbliche Krystalle aus, die wegen ihrer grossen Zerfliesslichkeit nicht näher untersucht wurden.

Ebenso ungeeignet zur Untersuchung war das Ketoxim, welches eine ölige Flüssigkeit vorstellt, die nicht unzersetzt destilliert werden konnte.

Darstellung des Aminodekanaphthens.

Der essigsaure Rückstand der Wasserdampfdestillation zur Isolierung des Ketons wurde stark alkalisch gemacht und das abgeschiedene Amin mit Wasserdämpfen übergetrieben. In Anbetracht der grossen Flüchtigkeit des Amins wurde dieses in Salzsäure geleitet und bis zur Syrupkonsistenz eingedampft. Aus dem Syrup wurde die Base mit Kali abgeschieden und getrocknet. Der Siedepunkt des Amins lag bei 200—202°, die Ausbeute betrug 25% des angewandten tertiären Nitroproduktes. Das spezifische Gewicht war $D^{150} = 0{,}8532$.

Die Analyse ergab:

0,1186 g Substanz lieferten
0,3368 g CO_2 und
0,1440 g H_2O. Dem
entsprechen 77,45% C und
13,58% H.

0,1368 g Substanz gaben 11,10 ccm N bei 738 mm Druck und 17° C, das sind 9,09% N. Berechnet für $C_{10}H_{19}NH_2$:

C = 77,42%
H = 13,54% und
N = 9,03%

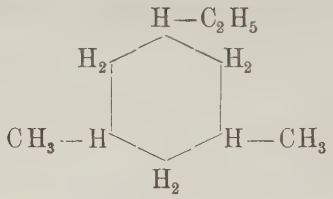
Das tertiäre Amino-β-Dekanaphthen ist eine farblose Flüssigkeit von starkem coniinartigem Geruch. Die Substanz erwies sich als optisch inaktiv.

Das salzsaure Salz.

Das salzsaure Salz krystallisierte in Würfeln aus, die äusserst zerfliesslich waren.

Goldsalz, Platinsalz, Quecksilbersalz und Pikrat waren ölig.

Was die Konstitution des β-Dekanaphthens anbelangt, so hat Markownikoff[1]) dieses als s-Dimethyläthylnaphthen aufgefasst und ihm also folgende Struktur gegeben:

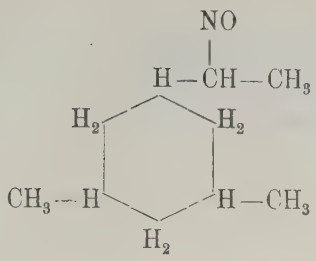


Diese Auffassung habe ich durch die Synthese des β-Dekanaphthens als richtig erwiesen. Die Struktur der Nitroprodukte ergibt sich aus folgender Erwägung. Da ich bei der Nitrierung des Kohlenwasserstoffs verdünnte (12%) Salpetersäure angewendet habe, so war nach Versuchen von Konowaloff[2]) die Möglichkeit ausgeschlossen, dass sich primäre Nitroprodukte bildeten. Es kommen demnach nur noch sekundäre und tertiäre Mononitroprodukte in Betracht. Das sekundäre Produkt kann nur folgende Struktur haben:

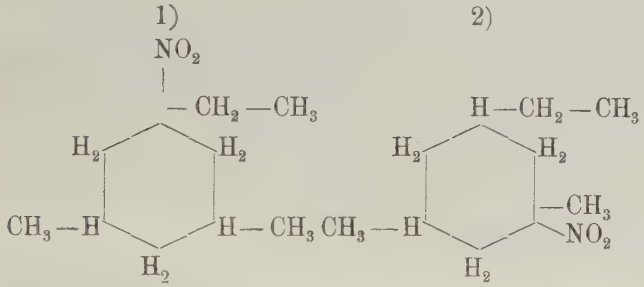
---

[1]) Chem. Zentrbl. 1899 I. 177.

[2]) Ossian Aschan, Chemie der alicyclischen Verbindungen S. 401.



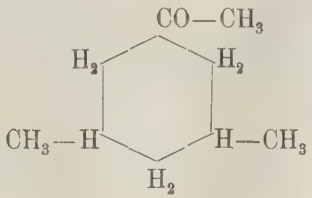
Für das tertiäre Produkt ergeben sich folgende beide Möglichkeiten



Die grössere Massenwirkung der Aethylgruppe spricht für den Ersatz bei 1.

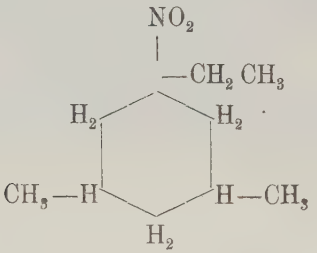
Die für die Nitroprodukte aufgestellten Strukturformeln gelten in gleicher Weise für die Amine.

Das Keton hat, wenn ich der Formel 1 des tertiären Nitroproduktes die grössere Wahrscheinlichkeit zu erkenne, folgende Struktur:

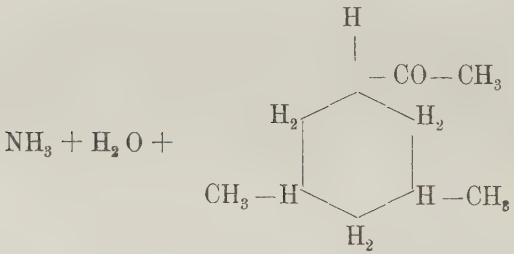


Dieser Struktur nach enthält das Keton eine Acetylgruppe, die ich durch Oxydation mit Chromsäure abspalten

konnte, was sich durch einen starken Essigsäuregeruch kund gab. Eben diese Acetylgruppe deutet wiederum darauf hin, dass dem tertiären Nitro-β-Dekanaphthen die Strukturformel 1 zukommt. Die Reduktion zum Keton ging also in folgender Weise vor sich:



+ 4 H =

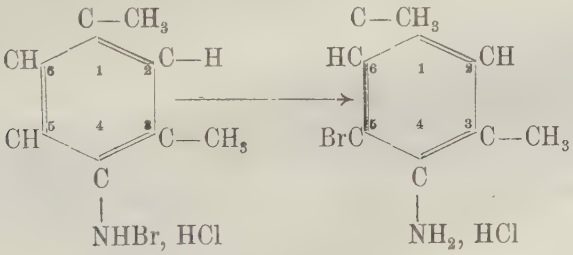


$NH_3 + H_2O +$

Synthese des β-Dekanaphthens.

Darstellung des s-dimethyläthylbenzols.

Als Ausgangsprodukt habe ich 500 g asymmetrisches 1-3-4-Xylidin von Kahlbaum benutzt. (Das symmetrische war nicht zu erhalten). Dieses wurde getrocknet und destilliert und das bei 212° Uebergehende aufgefangen. Die so erhaltene Fraktion wurde bromiert nach Angaben von Emil Fischer[1]). Zunächst wurde das asymmetrische Xylidin in die 8 fache Menge conc. Salzsäure portionsweise eingegossen und unter Kühlung gut umgeschüttelt, so dass sich das schwerlösliche Chlorhydrat in der Flüssigkeit fein verteilt abschied. Zu dem salzsauren Salz der Base wurde die berechnete Menge Brom, das unter Salzsäure stand, allmählich und unter guter Kühlung zutropfen gelassen. Es entstand eine rotgelbe Krystallmasse, welche das Brom in der Aminogruppe enthielt. Wurde diese auf dem Wasserbade erwärmt, so entfärbte sie sich, wobei das Brom in den Kern ging und zwar in die Orthostellung (5).



Nach Orthostellung (3) und Parastellung 1 konnte das Brom nicht wandern, da diese bereits mit Methylgruppen besetzt waren.

Die so erhaltenen Krystalle wurden stark abgekühlt und abgesaugt. Dann wurde das Produkt in heissem Wasser gelöst und die Base durch Ammoniak in Freiheit

[1]) Ber. 33. 1971 (1900).

gesetzt. Es schied sich eine schwere ölige Masse am Boden ab, die bald zu gelblichen Krystallen erstarrte. Nach dem Umkrystallisieren aus Ligroin erhielt ich schöne farblose Prismen vom Schmelzpunkt 46—47°.

Zur Ueberführung des Dimethyl-1-3-amino-4-brom-5-benzol in das symmetrische Bromxylol habe ich ersteres nach Gries diazotiert.

1 Teil der Base wurde in 1,5 Teilen conc. Schwefelsäure gelöst und unter starker Eiskühlung mit 0,5 Teilen Natriumnitrit, das in sehr wenig Wasser gelöst war, versetzt. Das so erhaltene Diazodimethylbrombenzolsulfat wurde mit 10 Teilen absoluten Alkohol am Rückflusskühler auf dem Wasserbade gekocht bis keine Stickstoffentwickelung mehr stattfand. Das Reaktionsgemisch wurde dann in viel Wasser eingegossen, wobei sich das symetrische Bromxylol ölig am Boden abschied. Dieses wurde mit Chlorkalcium getrocknet und destilliert. Siedepunkt 204°. Spezifisches Gewicht $D^{20} = 1{,}362$. Die Ausbeute betrug 63% der Theorie.

Der Ersatz des Brom durch Aethyl geschah nach Fitig in folgender Weise:

Aequivalente Mengen von Bromäthyl, Bromxylol und Natrium wurden in vollkommen trockenem Aether unter Rückflusskühlung auf dem Wasserbade 1 Tag lang erwärmt. Am nächsten Tage war das blanke Natrium zu einem schmutzigem bläulichen Pulver zerfallen. Aus dem Reaktionsgemisch wurde am absteigenden Kühler zunächst der Aether abdestilliert und darauf wurde aus dem Rückstand mittels offener leuchtender Flamme das gebildete Dimethyläthylbenzol übergetrieben. Dieses Destillat wurde fraktioniert und das bei 185° Uebergehende abgefangen. Ich erhielt eine farblose Flüssigkeit vom spezifischen Gewicht $D^{20} = 0{,}861$.

Analyse:

0,1831 g Substanz
gaben 0,5989 g CO_2 und
0,1775 g H_2O.

Dem entsprechen 89,26% C und
10,77% H
berechnet 89,55% C
und 10,44% H.

Reduktion des s-Dimethyläthylbenzol.

Das so erhaltene symetrische Dimethyläthylbenzol wurde reduziert nach dem Sabatier'schem Reduktionsverfahren.

Für das Gelingen dieser Reaktion war es von grösstes Wichtigkeit und absolut erforderlich folgende 3 Bedingungen aufs sorgfältigste einzuhalten:

1. Musste die Luft vollkommen frei von Halogen und Schwefelwasserstoff, wie überhaupt von allen elektronegativen Bestandteilen sein.

2. Musste das ganze System absolut luftdicht gehalten werden, so dass sich keinerlei Sauerstoff dem Wasserstoff beigesellen konnte.

3. Musste der Wasserstoff absolut trocken und frei sein von Wasserstoffverbindungen der Metalloide wie Arsen, Antimon etc.

Um diese Bedingungen zu erfüllen, habe ich die Reduktion in den Ferien angestellt und zwar in einem Zimmer, das 3 Tage vor dem Versuch gut durchgelüftet wurde.

Der Wasserstoff wurde nicht mittels Zink und Schwefelsäure hergestellt, da das Zink nie absolut frei von Arsen resp. Antimon ist, sondern es wurde durch Elektrolyse gewonnen und zwar in folgender Weise:

In ein weites U-Rohr mit kleinem Krümmungsradius und ungleich langen Schenkeln wurden ca. 800 ccm 30% Kalilauge gebracht, so dass der kürzere Schenkel etwa bis zu 2 Drittel seiner Länge gefüllt war. Dieser letztere Schenkel war oben verschlossen durch einen zweifach durchbohrten Stopfen, durch dessen einen Durchgang die eine Platinelektrode und zwar die Kathode gelegt war, und dessen andere Oeffnung ein Glasrohr zur Ableitung des

an der Kathode entwickelten Wasserstoffes enthielt. Der längere Schenkel enthielt die Anode. Zur Wasserstoffentwickelung benutzte ich am Tage einen Strom von 6—7 Amp., der in der Minute etwa 40—45 ccm Wasserstoffgas entwickelte und nachts einen solchen von 3—4 Amp.

Der Apparat zur Reduktion wurde nun in folgender Weise aufgebaut: Das Wasserstoffableitungsrohr wurde zunächst durch einen kurzen festschliessenden Gummischlauch, der mit einem Quetschhahn versehen war mit 2 Waschflaschen verbunden, von denen die erste conc. NaOH in einer Schicht von 1 cm, die zweite conc. H_2SO_4 in gleich hoher Schicht enthielt. An die zweite Waschflasche war ein etwa 1 m langes Verbrennungsrohr aus schwer schmelzbarem Kaliglase geschaltet, das durch einen Verbrennungsofen gelegt war. Im ersten Drittel dieses Rohres befand sich eine reduzierte Kupferspirale, welche den Zweck hatte, Spuren von Sauerstoff, die eventuell durch Diffusion in den kürzeren Schenkel des U-Rohres gelangten, in Wasser überzuführen. Das zweite Drittel des Rohres war frei und im letzten Teil befand sich zerkleinertes Aetzkali, um dem Wasserstoff jede Spur von Feuchtigkeit zu nehmen. An dieses Rohr schloss sich ein Y-Rohr, dessen linkes Ende mit dem einen Schenkel eines zweiten Y-Rohres mittels eines kurzen Gummischlauches, verschliessbar durch einen Quetschhahn verbunden war, und dessen anderes Ende an das Einleitungsrohr einer kleinen Waschflasche angeschaltet war, in der sich die zu reduzierende Flüssigkeit befand. Das Austrittsrohr war wiederum mit dem andern Schenkel des zweiten Y-Rohres verbunden. In das Einleitungs- und Austrittsrohr der Waschflasche waren Glashähne eingeschliffen. Das zweite Y-Rohr führte zu einem ca. 60 cm langen Verbrennungsrohr von 14 mm Durchmesser, das sich in einer oben verschliessbaren Kupferpfanne befand. In der ersten Hälfte dieses Verbrennungsrohres war eine nicht zu hohe Schicht von Nickeloxyd ausgebreitet. Dieses Nickel-

oxyd wurde durch 1 tägiges Glühen aus chemisch reinem Nickelnitrat von Kahlbaum erhalten. Während der Reduktion war das Verbrennungsrohr auf der andern Seite mit zwei zusammenhängenden Kondensationsflaschen verbunden, von denen die erste leer war und die zweite mit einer 10 mm hohen Schicht Wasser angefüllt war.

Was die Anordnung des Versuches anbelangt, so wurde zunächst in der Weise verfahren, dass mit einem schwachen Strom von 3—4 Amp. einen Tag lang Wasserstoffgas entwickelt wurde, wobei zuerst die linke Seite der Y-Röhren geschlossen wurde, sodass der H-Strom durch die rechts zwischengeschaltete Waschflasche gehen und aus dieser den Sauerstoff verdrängen musste. Darauf wurden die Hähne der Waschflasche geschlossen und die linke Röhrenleitung geöffnet. Bald nachher wurde das erste Verbrennungsrohr im ersten Drittel unter der Kupferspirale allmählich bis zur Dunkelrotglut erhitzt. Desgleichen wurde auch das zweite Verbrennungsrohr in der Kupferpfanne, in der sich zunächst Asbesth befand, auf 350° erhitzt. Nach etwa $1^1/_2$ Tagen war das Nickeloxyd vollkommen reduziert, denn an einem an der Austrittsstelle vorgeschalteten Chlorkalciumrohr konnte auch nach einer halben Stunde keine Gewichtszunahme konstatiert werden. Während der Wasserstoffstrom kontinuierlich durch das System hindurchging, wurde die Kupferpfanne etwas abkühlen gelassen und statt der Asbesthfüllung Paraffin hineingebracht, das genau auf 190—195° erwärmt wurde. Jetzt wurde der Strom auf etwa 6—7 Amp. verstärkt und der Wasserstoff wieder durch die zu reduzierende Flüssigkeit geleitet und der Hahn auf der anderen Seite des Y-Rohres geschlossen. Da selbst nach zweitägigem Durchgang des Wasserstromes durch das Dimethyläthylbenzol fast nichts von diesem mitgerissen wurde, habe ich die Waschflasche im Paraffinbade zuerst auf 100° und da auch dieses keinen erheblichen Erfolg hatte, auf 150° erwärmt. Jetzt wurde innerhalb kaum eines Tages alle

Flüssigkeit mitgerissen. Zugleich konnte man auch bemerken, dass der Wasserstoff absorbiert wurde, da die Blasen in den ersten Waschflaschen bedeutend rascher aufeinander folgten, als in der letzten am Austritt des Wasserstoffes bei gleicher Röhrenweite der Waschflaschen. Der reduzierte Körper kondensierte sich in der Kondensationsflasche, die auf 0° abgekühlt war, und zwar erhielt ich aus 15 g unreduziertem Körper 13 g rohes reduziertes Produkt.

Die erhaltene Flüssigkeit, die einen ligroinähnlichen Geruch aufwies, wurde mit einem halben Volumen einer Mischung von 1 Teil conc. Schwefelssäure und 3 Teilen conc. Salpetersäure durchgeschüttelt, um noch nicht reduzierte Benzolhomologe zu entfernen, dann gewaschen, zuerst mit Natronlauge, darauf mit Wasser, mit Chlorkalcium getrocknet und über Natrium abdestilliert. Die Flüssigkeit begann bereits bei 125° zu sieden. Dann stieg das Thermometer langsam und ein Drittel des ganzen Volumen ging zwischen 169—171° über. Diese Fraktion wurde abermals über Natrium destilliert und das bei 166—170° Uebergehende abgefangen.

Das spezifische Gewicht des erhaltenen Produkts war $D^{20} = 0{,}7933$.

Das aus dem Petroleum erhaltene hat das spez. Gewicht $D_4^{15} = 0{,}7974$.

Die Analyse ergab aus:

0,1060 g Substanz
0,3331 g CO_2 und
0,1370 g H_2O.

Dem entsprechen 85,70%
und 14,36%
berechnet auf $C_{10}H_{20}$:
85,71% C
und 14,29% H.

Der Refraktionsindex war, nach dem Abbe'schen Refraktometer bestimmt, 1,4370. Der des β-Dekanaphthens war gleichfalls 1,437.

Eine 8,456% Lösung von Hexahydrodimethyläthylbenzol in Benzol ergab eine Gefrierpunktserniedrigung von 2,93°. Dem entspricht eine Molekulargrösse von 141,3. Berechnet für $C_{10}H_{20}$ 140,2.

Die Vermutung Markownikows, dass das β-Dekanaphthen ein Hexahydrodimethyläthylbenzol sei, ist demnach durch die Synthese bestätigt.

Lebenslauf.

Ich, Nicolae Popovici griechisch-katholischer Konfession, wurde am 16. Mai 1878 als Sohn des verstorbenen Kaufmanns Nicolae Popovici, zu Bucarest (Rumänien) geboren. —

Ich besuchte zunächst die vierstufige Volksschule in Bucarest von 1887 bis 1891 — trat dann zu Michaelis desselben Jahres in das Gymnasium meiner Vaterstadt ein und wurde nach Absolvierung dieser Anstalt im Oktober 1899 auf der Universität zu Bucarest inmatrikuliert. — Hier widmete ich mich dem Studium der pharmazeutischen Wissenschaft und legte im Wintersemester 1902—1903 das Staatsexamen ab. — In der Zwischenzeit besuchte ich auch die Universität zu Paris wo ich dem Studium der Chemie oblag. —

Im Jahre 1903 genügte ich meiner Militärpflicht und wurde nach abgelegtem Examen 1904 zum Leutnant d. R. befördert. In demselben Jahre wurde ich zum Asistenten der analytischen Chemie an der Universität Bucarest ernannt, und verliess diese Stellung nach einem Jahr, um mich an dem in Rumänien üblichen „Konkours“ einem Wettbewerb zu beteiligen, wodurch ich die erbliche Konzession als Apothekerbesitzer in der Stadt Macin (Rumänien) erhielt. —

Im Wintersemester 1906 wurde ich an der Breslauer Universität inmatriculier, um mich dem Studium der Naturwissenschaften speziell der Chemie zu widmen.

Am 14. Februar 1907 bestand ich die Verbandsprüfung am 29. Mai 1909 das Examen rigorosum. —

Während meiner Studienzeit in Breslau, besuchte ich die Vorlesungen und Uebungen folgender Herren Professoren und Dozenten:

Abegg, Ahrens, Baumgartner, von dem Borne, Frech, Herz, Hintze, Kühnemann, Ladenburg, Löffler, Sachs, Sackur, Volz.

Allen diesen Herren spreche ich hiermit meinen aufrichtigsten Dank aus. —

Specifisches Ge

Fraktion	D_{15}^{15}	Erhaltene Quantität in c. c. aus 25 Liter	% Volum-Prozente	
—30 °	0.6361	115 c. c.	0.46	
30—40	0.6389	170 c. c.	0.68	
40—50	0.6501	270 c. c.	1.08	
50—60	0.6681	225 c. c.	0.90	
60—70	0.6898	255 c. c.	1.02	11.95 %
70—80	0.7056	683 c. c.	2.73	
80—90	0.7248	602 c. c.	2.40	
90—100	0 7384	670 c. c.	2.68	
100—105	0.7417	465 c. c.	1.86	
105—110	0.7451	445 c. c.	1.78	
110—115	0.7480	380 c. c.	1.52	
115—120	0.7521	273 c. c.	1.09	
120—125	0.7561	496 c. c.	1.98	
125—130	0.7609	380 c. c.	1.52	
130—135	0.7696	492 c. c.	1.97	
135—140	0.7762	408 c. c.	1.63	
140—145	0.7801	385 c. c.	1.54	
145—150	0.7812	373 c. c.	1.49	
150—155	0.7814	285 c. c.	1.14	
155—160	0.7830	253 c c.	1.01	
160—165	0.7893	248 c. c.	0.99	
165—170	0.7926	251 c. c.	1.00	
Rohöl	0.8367^{15} 0.8340^{18}			

Benzine 28.37 %

25.58 %

In Vacuum destilliert C. 12 w. ad.

lle I.

vicht. Ausbeute.

Fraktion	D_{15}^{15}	Erhaltene Quantität in c. c. aus 25 Liter Rohöl	% Volum-Prozente	
170—175	0.7950	243 c. c.	0.97	Leucht-Petroleum 33.60 %
175—180	0.7967	237 c. c.	0.94	
180—185	0.8013	262 c. c.	1.04	
185—190	0.8030	205 c. c.	0.82	
190—195	0.8055	178 c. c.	0.71	
195 200	0.8079	145 c. c.	0.58	
200—210	0.8114	435 c. c.	1.74	
210—220	0.8150	453 c. c.	1.81	
220—230	0.8217	824 c. c.	3.29	
230—240	0.8271	692 c. c.	2.76	
240—250	0.8316	623 c. c.	2.49	
250—260	0.8366	645 c. c.	2.58	
260 –270	0.8404	630 c c.	2.52	
270—280	0.8430	610 c. c.	2.44	
280—290	0.8443	600 c. c.	2.40	
290—300	0.8454	593 c. c.	2.37	
150 –175	0.8571	523 c. c.	2.09	Solaröl 8.09 %
175—200	0.8633	730 c. c.	2.92	
200—225	0.8678	770 c. c.	3.08	
225—250	$0.8678^{25} = 0.8752^{15}$	925 c. c.	3.70	Spindelöl 7.98 %
250 –275	$0.8900^{35} = 0.9040^{15}$	1070 c. c.	4.28	
275—300	$0.8902^{45} = 0.9112^{15}$	830 c. c.	3.32	Maschinenöl 3.32 %

24.40 %

11.79 %

7.60 %

Viscosität. Entflammungs

Fraktion	Entflammungspunkt	Entzündungspunkt	Auslaufzeitsekunden Engler Viscosimeter	Englergrade	Spezifische Zähigkeit $Z\text{-}S(4.072\,E\text{-}\frac{3.513}{E}$	Schmierfähigkeit Coeficient Wasser $O\text{-}1S0\frac{T}{Z}$	Schmierfähigkeit Coeficient n. Kryloff $S\text{-}\frac{T'}{V}$
—30	unter 0°	unter 0°	46.0	0.8864	Negative Werte.		
30—40	„	„	46.7	0.8980			
40—50	„	„	46.8	0.9000			
50—60	unter 15°	unter 15°	46.9	0.9019			
60—70	„	„	47.0	0.9038			
70—80	„	„	47.1	0.9057			
80—90	„	„	47.2	0.9076			
90—100	„	„	47.3	0.9096			
100—105	+ 15°	+ 15°5	47.6	0.9153			
105—110	+ 17°	+ 18°	48.0	0.9230			
110—115	+ 20°	+ 23°	48.3	0.9288	0		
115—120	+ 22°	+ 24°	48.7	0.9365	0.043	511.6	23.49
120—125	+ 26°	+ 29°	49.0	0.9423	0.083	313.2	27.60
125—130	+ 31°	+ 34°	49.4	0.9500	0.129	240.3	32.63
130—135	+ 34°	+ 36°	49.7	0.9557	0.161	211.2	35.58
135—140	+ 37°	+ 39°5	50.2	0.9653	0.225	164.4	38.33
140—145	+ 40°	+ 42°	50.7	0.9750	0.288	138.9	41.03
145—150	+ 42°	+ 45°	51.1	0.9826	0.351	119.6	42.74
150—155	+ 47°	+ 47°	51.4	0.9884	0.367	131.0	47.55
155—160	+ 50°	+ 56°	51.8	0.9961	0.414	120.7	50.20
160—165	+ 54°	+ 60°	52.1	1.0019	0.449	120.2	53.94
165—170	+ 57°	+ 64°	52.4	1.0076	0.483	118.0	56.60

le II.

- und Entzündungspunkt.

Fraktion	Entflammungspunkt	Entzündungspunkt	Auslaufzeitsekunden Engler Viscosimeter	Englergrade	Spezifische Zähigkeit $Z\text{-}S(4{,}072E\text{-}\frac{3.513}{E})$	Schmierfähigkeit Coefizient Wasser O-1 S-$\frac{T}{Z}$	Schmierfähigkeit Coefizient n. Kryloff S-$\frac{T}{V}$
170—175	+ 60°	+ 67°	52.6	1.0115	0.516	116.3	59.35
175—180	+ 62°	+ 70°	52.8	1.0153	0.533	116 3	61.08
180—185	+ 63.5°	+ 72°	53.1	1.0211	0.577	110.1	62.19
185—190	+ 64°	+ 75°	53.5	1.0288	0.618	103.6	62.26
190—195	+ 68°	+ 78°	54.0	1.0384	0.684	99.64	65.51
195—200	+ 70°	+ 80°	54.5	1.0480	0.743	94.21	66.80
200—210	+ 73°	+ 85°	55.6	1.0692	0.860	84.88	68.30
210—220	+ 80°	+ 93°	56.0	1.0769	0.912	87.72	74.35
220—230	+ 90°	+ 101°	56.5	1.0865	0.977	92.12	82.87
230—240	+ 94°	+ 105°	58.1	1.1173	1.166	80.62	86.12
240—250	+ 107°	+ 117°	60.3	1.1596	1.406	76.10	92.32
250—260	+ 114°	+ 126°	63.2	1.2153	1.723	66.16	93.82
260—270	+ 121°	+ 130°	66.0	1.2692	2.017	59.99	95.35
270—280	+ 126°	+ 134°	69.1	1.3288	2.344	53.76	94.88
280—290	+ 128°	+ 146°	76.5	1.4711	3.040	42.11	87.04
290—300	+ 131°	+ 151°	83.6	1.6077	3.677	35.63	81.52
150—175°	+ 132°	+ 153°	97.4	1.8730	4.937	26.7	70.47
175—200°	+ 145°	+ 176°	106.2	2.0423	5.689	25.5	71.01
200—225°	+ 167°	+ 190°	127.1	2.4442	7.392	22.5	68.33
225—250°	+ 194°	+ 218°	151.4	2.9113	9.321	20.8	66.64
250—275°	+ 215°	+ 240°	190.3^{50}	3.6596	12.60	17.0	58.76
275—300°	+ 240°	+ 274°	302.4^{50}	5.8154	21.03	11.4	41.27

Tabelle III.

Ausdehnungscoefficient.

Fraktion	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	95°	100°	Relative Ausdehnungskoef. p. 1° und 1cbcm	Jena Glas. 100° 0.0000253 Absolute Ausdehnungscoef.
30—40	10.000	0.071	0.147	0.226	0.305	0.385	0.465															0.001550	0.001575
40—50	=	0.071	0.146	0.220	0.300	0.376	0.455	0.522														0.001491	0.001516
50—60	=	0.070	0.142	0.217	0.292	0.368	0 441	0.514	0.584													0.001460	0.001485
60—70	=	0.070	0.140	0.216	0.286	0.360	0.423	0.490	0.564	0.635	0.705											0.001410	0.001435
70—80	=	0.069	0.138	0.208	0.279	0.351	0.418	0.483	0.553	0.624	0.695	0 774	0.844									0.001406	0.0014313
80—90	=	0.064	0.125	0.196	0.257	0.325	0 385	0.450	0.512	0.580	0.650	0 720	0.801	0.871	0.950							0.001357	0.0013823
90—100	=	0.062	0.119	0.180	0.238	0 300	0 356	0.418	0 476	0.537	0.604	0.665	0.748	0.806	0.870	0.935	0.996					0.001245	0.001270
100—105	=	0.061	0.117	0 171	0.230	0.294	0 354	0.408	0.465	0.525	0.590	0 651	0.730	0.789	0.852	0.917	0 977					0.001221	0.001246
105—110	=	0.056	0.114	0 164	0.226	0.287	0 345	0.399	0 456	0 512	0.578	0 637	0.709	0.765	0.833	0.894	0.954					0.001192	0.001217
110—115	=	0.055	0.109	0.160	0.218	0 279	0.332	0 387	0 444	0.500	0.563	0.620	0.685	0.748	0.811	0.877	0 933	0.993				0 001168	0.001193
115—120	=	0.054	0.105	0.154	0.210	0.272	0.320	0.376	0.433	0.488	0 550	0 607	0.670	0.731	0 795	0.853	0.908	0.959				0.001128	0.001153
120—125	=	0.052	0.102	0 151	0 201	0.267	0.316	0.368	0 423	0.477	0 537	0 596	0.651	0.714	0.776	0 835	0.895	0.952				0.001120	0.001145
125—130	=	0.050	0.102	0.150	0.200	0 260	0.311	0.367	0 423	0.476	0.536	0 589	0.650	0.711	0.769	0.826	0.881	0.950				0.001117	0.001142
130—135	=	0.050	0 100	0 147	0.198	0.255	0.304	0 363	0.422	0.473	0.536	0.591	0.648	0.709	0.763	0.817	0.875	0.938	0 992			0.001102	0.001127
135—140	=	0.049	0.101	0.145	0.198	0.248	0.303	0.360	0.420	0.470	0 537	0.590	0.643	0.707	0.758	0.808	0.861	0.924	0.978			0.001086	0.001111
140—145	=	0.048	0.102	0.143	0 197	0 244	0.303	0.359	0.421	0.468	0.538	0.589	0.640	0.702	0.751	0.799	0.855	0.914	0 974			0.001082	0.001107
145—150	=	0.047	0 099	0.142	0.196	0 244	0.299	0.355	0.412	0.465	0.528	0.581	0 632	0.692	0.742	0.790	0.845	0.901	0.960			0 001066	0.001091
150—155	=	0.045	0.096	0.141	0.194	0.245	0 297	0.351	0 402	0.460	0.519	0.570	0.622	0.677	0.733	0.781	0.830	0.888	0.945			0.001050	0.001075
155—160	=	0.044	0 094	0.141	0.192	0.243	0.293	0 344	0.396	0 452	0.508	0.561	0.618	0.671	0.724	0.773	0.824	0.875	0 932	0 989		0.001041	0.001066
160—165	=	0.042	0.093	0.142	0.191	0 242	0.291	0 342	0.392	0.445	0.500	0.550	0.605	0.665	0.716	0 767	0.817	0 866	0 917	0.967		0.001017	0.001042
165—170	=	0 041	0.092	0.141	0 188	0.241	0.288	0.342	0.390	0.442	0 497	0.556	0.600	0.660	0.710	0.765	0.812	0.861	0.910	0.961		0.001011	0.001036
170—175	=	0.041	0.091	0.138	0.186	0 242	0 285	0.341	0.390	0.441	0.491	0.540	0.592	0.654	0.704	0.754	0 808	0.852	0.904	0 957		0.001007	0.001032
175—180	=	0.042	0 090	0.136	0 185	0.241	0.283	0.340	0.387	0.438	0 484	0 536	0.586	0.650	0.700	0 746	0.796	0.846	0 900	0.952		0 001002	0.001027
180—185	=	0.042	0 090	0.135	0 182	0.240	0.280	0.340	0.387	0 438	0.480	0.530	0.586	0.643	0.692	0 741	0.788	0.839	0.892	0 947		0.000996	0.001021
185—190	=	0.043	0.091	0.135	0.182	0.241	0.280	0.340	0 387	0 436	0.480	0.530	0.581	0.640	0 695	0 735	0.780	0.830	0.884	0.947		0.000996	0.001021
190—195	=	0.042	0.092	0.135	0.184	0.242	0.280	0.338	0 387	0 435	0.478	0.531	0.581	0.634	0.684	0 728	0.776	0 826	0 876	0.944		0.000993	0.001018
195—200	=	0.045	0.091	0.133	0.186	0 240	0.291	0.338	0.386	0 434	0 476	0.529	0 586	0.628	0.676	0.726	0 764	0.819	0.871	0.937		0.000986	0.001011
200—210	=	0.042	0.090	0.133	0.182	0.238	0.290	0.336	0 386	0 432	0.474	0.530	0 586	0 627	0.675	0.721	0 763	0 817	0.870	0 950		0.000978	0.001003
210—220	=	0.041	0.091	0.132	0.187	0.238	0.291	0.335	0.382	0.430	0 470	0.526	0.587	0.628	0.671	0.720	0.760	0.814	0.863	0.912		0.000960	0.000985
220—230	=	0.041	0.091	0.131	0.182	0.238	0.286	0 335	0.380	0.426	0.466	0.518	0.572	0.614	0 665	0.711	0.751	0.802	0 850	0.881		0.000927	0.000952
230—240	=	0.041	0.092	0 132	0.180	0 237	0 285	0.330	0.375	0 423	0 462	0 513	0.570	0.607	0.661	0.696	0.738	0.790	0 836	0.871		0.000916	0.000941
240—250	=	0.042	0.091	0.131	0.180	0.232	0.285	0.328	0.371	0.420	0.458	0.507	0.563	0.600	0.646	0.683	0.726	0.777	0.827	0.859		0.000904	0.000929
250—260	=	0.041	0.091	0.131	0.191	0.234	0.286	0.328	0.370	0.417	0.455	0.501	0.554	0.592	0.631	0.672	0.717	0 766	0 809	0.844		0.000885	0.000913
260—270	=	0.041	0 090	0.131	0.191	0.237	0.279	0.326	0.367	0.413	0 451	0.491	0.546	0.586	0.621	0.663	0.703	0.752	0.791	0 834		0.000877	0.000902
270—280	=	0.040	0.092	0.130	0.187	0.235	0.278	0.321	0 367	0.409	0.444	0.484	0.532	0.577	0.611	0 648	0.695	0.742	0 782	0 822		0.000865	0.000890
280—290	=	0.040	0.091	0.130	0.188	0.231	0.278	0.316	0.362	0.405	0.140	0 480	0.527	0.570	0 600	0.638	0.682	0.750	0.762	0.810		0.000852	0.000877
290—300	=	0.040	0.090	0.130	0.193	0.232	0.277	0.312	0.358	0.397	0 434	0 477	0.522	0.562	0.591	0.624	0.674	0.719	0.756	0.802		0.000844	0.000869
Brutto	=	0.053	0.095	0.138	0.180	0 220	0.270	0.320	0.360	0.400	0.440	0.480	0.530									0.000885	0.000908
150—175	=	0.040	0.080	0.120	0.160	0.200	0.242	0.275	0.310	0.355	0.400	0.450	0.490	0.530	0.570	0.610	0.653	0.697	0.730	0.785	0.828	0.000828	0.000853
175—200	Cong. 3-5°	0.022	0.047	0.077	0.117	0.153	0.189	0.227	0.264	0.297	0.395	0.407	0.482	0.482	0.529	0.567	0.602	0.638	0.677	0.722	0.775	0.000782	0.000807
200—225	Congel. 10- 12°			0.040	0.075	0.110	0.147	0.183	0.220	0.260	0 300	0 338	0.372	0.412	0.450	0.490	0.530	0.572	0.610	0.650	0.690	0.000764	0.000789
225—250	Congel. 17— 18°				0.045	0.080	0.115	0 145	0.185	0 220	0.260	0.298	0.335	0.370	0.410	0.442	0.482	0.523	0.563	0.601	0.642	0.000746	0.000771
250—275	Congel. 22—24°					0.020	0.060	0.105	0.140	0.170	0.200	0.237	0.272	0.310	0.348	0.385	0.420	0.455	0.486	0.515	0.545	0.000700	0.0007253
275—300	Congel. 27—30°							0.110	0.148	0.185	0.225	0.260	0.295	0.330	0.360	0.400	0.440	0.470	0.503	0.537	0.572	0.000710	0.0007353

Brechungsvermögen u

Fraktion	Refraktion Indices n für's rote Licht	Spezifisches Brechungsvermögen $R = \frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{1}{d} = \frac{n-1}{d}$	Molecular-Brechungsvermögen $MR = \frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d}$	Optisches Drehungsvermögen in 200 mm Rohrlänge
—30	1.351	0.3383 = 0.5518	27.06	
30—40	1.352	0.3385 = 0.5510	28.37	
40—50	1.366	0.3446 = 0.5630	30.46	
50—60	1.376	0.3434 = 0.5628	32.07	
60—70	1.377	0.3334 = 0.5467	32.70	
70—80	1.390	0.3360 = 0.5528	33.23	
80—90	1.397	0.3323 = 0.5477	33.56	
90—100	1.400	0.3283 = 0.5417	34.61	
100—105	1.406	0.3312 = 0.5474	35.15	
105—110	1.402	0.3269 = 0.5396	35.74	
110—115	1.406	0.3284 = 0.5428	36.88	
115—120	1.410	0.3294 = 0.5579	38.45	
120—125	1.412	0.3291 = 0.5576	38.54	
125—130	1.428	0.3381 = 0.5497	40.23	
130—135	1.429	0.3349 = 0.5574	40.50	
135—140	1.433	0.3349 = 0.5579	41.18	
140—145	1.428	0.3297 = 0.5486	41.03	
145—150	1.435	0.3340 = 0.5568	43.48	
150—155	1.436	0.3346 = 0.5580	43.80	
155—160	1.430	0.3300 = 0.5492	43.35	
160—165	1.438	0.3326 = 0.5549	46.31	
165—170	1.437	0.3305 = 0.5512	46.43	

e IV.

nd optische Aktivität.

Fraktion	Refraktion Indices n für's rote Licht	Spezifisches Brechungsvermögen $R = \frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{1}{d} = \frac{n-1}{d}$	Molecular-Brechungsvermögen $MR = \frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{1}{d}$	Optisches Drehungsvermögen in 200 mm Rohrlänge
170—175	1.437	0.3295 = 0.5497	46.94	
175—180	1.438	0.3295 = 0.5498	47.88	
180—185	1.452	0.3366 = 0.5641	50.55	
185—190	1.450	0.3345 = 0.5604	51.25	
190—195	1.435	0.3240 = 0.5401	52.06	
195—200	1.457	0.3372 = 0.5657	54.34	
200—210	1.446	0.3286 = 0.5496	54.28	
210—220	1.450	0.3299 = 0.5522	55.17	
220—230	1.460	0.3334 = 0.5598	56.91	
230—240	1.461	0.3317 = 0.5574	57.44	
240—250	1.473	0.3374 = 0.5688	60.24	+ 0.25 T^{20}
250—260	1.459	0.3269 = 0.5486	59.15	
260—270	1.460	0.3260 = 0.5474	60.75	
270—280	1.465	0.3355 = 0.5516	61.86	
280—290	1.476	0.3340 = 0.5638	64.22	
290—300	1.462	0.3251 = 0.5465	63.63	
150—175	1.465	0.3225 = 0.5413	68.28	
175—200	1.482	0.3308 = 0.5583	85.33	+ 0.33 T^{20}
200—225	1.483	0.3290 = 0.5566	94.65	+ 0.31 T^{20}
225—250	1.488	0.3368 = 0.5576	104.80	
250—275	1.500	0.3253 = 0.5531	112.75	
275—300	1.512	0.2677 = 0.5619	150.20	

Tabell

Leucht

Fraktion	Barometer-stand	Entfernung r im Mittel von 4 Beobachtungen nach ½ Stunden	1	2	4	6	½
140—150	741 mm	60.2 cm	61.3 cm	60.3 cm	61.9 cm	67.1 cm	15.86
150—160	740 mm	58.6 cm	58.1 cm	59.0 cm	59.2 cm	59.6 cm	16.67
160—170	740 mm	58.8 cm	58.5 cm	59.0 cm	60.0 cm	60.0 cm	16.83
170—180	756 mm	59.2 cm	59.6 cm	59.8 cm	60.5 cm	61.0 cm	16.55
180—190	756 mm	61.2 cm	60.2 cm	60.5 cm	61.5 cm	60.4 cm	15.23
190—200	756 mm	62.8 cm	62.9 cm	62.0 cm	63.2 cm	63.5 cm	14.27
200—210	753 mm	60.1 cm	60.1 cm	61.2 cm	62.6 cm	62.8 cm	15.94
210—220	756 mm	67.3 cm	65.8 cm	65.0 cm	65.6 cm	69.4 cm	11.96
220—230	756 mm	62.2 cm	62.3 cm	63.2 cm	63.9 cm	64.4 cm	14.61
230—240	756 mm	65.5 cm	65.5 cm	65.9 cm	68.4 cm	71.4 cm	12.87
240—250	756 mm	68.6 cm	67.9 cm	68.9 cm	71.4 cm	75.5 cm	11.37
250—260	754 mm	64.7 cm	65.2 cm	66.5 cm	69.0 cm	74.9 cm	13.23
260—270	$754_{/16}$ mm	67.7 cm	68.9 cm	70.2 cm	73.3 cm	76.9 cm	11.76
270—280	$752_{/16}$ mm	71.6 cm	78.0 cm	75.2 cm	78.5 cm	83.0 cm	10.18
280—290	$752_{/16}$ mm	105.3 cm	104.2 cm	105.1 cm	106.2 cm	107.7 cm	3.42
290—300	$740_{/16}$ mm	101.9 cm	103.1 cm	105.2 cm	117.0 cm	139.7 cm	3.79
140—300							12.78

Lichtstärke in Normal-Kerzen					Öl-Verbrauch		
nach					in Grammen pro		
1	2	4	6	im Mittel	6	1	Kerzen
Stunden					Stunden	Stunde	Stunde
15.16	15.81	14.80	12.05	14.73	188 gr	31.33 gr	2.12
17,34	16.82	16.55	16.27	16.73	232 gr	38.66 gr	2.31
16.91	16.68	16.00	16.00	16.48	168 gr	28.00 gr	1.70
16.25	16.14	15.67	15.35	15.99	235 gr	38.60 gr	2.41
15.87	15.67	15.04	15.74	15.50	220 gr	33.33 gr	2.15
14.18	14.73	14.04	13.88	14.22	205 gr	34.17 gr	2.40
15.94	15.23	14.39	14.27	15.15	227 gr	37.83 gr	2.49
12.67	13.07	12.77	11.04	12.30	188 gr	31.33 gr	2.54
14.56	14.04	13.65	13.38	14.05	222 gr	37.00 gr	2.63
12.82	12.63	11.47	10.26	12.00	184 gr	30.66 gr	2.55
11.71	11.50	10.26	8.84	10.73	175 gr	29.17 gr	2.71
12.97	12.33	11.21	9.03	11.75	182 gr	30.33 gr	2.58
11.25	10.72	9.56	8.41	10.34	170 gr	28.33 gr	2.74
8.10	8.93	7.96	6.83	8.40	147 gr	24.50 gr	2.91
3.53	3.44	3.33	3.19	3.38	126 gr	21.00 gr	6.21
3.87	3.43	2.45	1.32	2.97	109 gr	18.16 gr	6.11
12.69	12.56	11.19	10.99	12.23	189 gr	30.88 gr	2.90

Tabelle VI.

Molekulargewicht, Elementaranalyse, Heizwert.

Fraktion	% Substanzmenge	Grade Celsiserniedrigung	Entsprechend Molekulargrösse	Substanzmenge	CO^2	H_2O	% C	% H	Summe	Heizwert 81 C + 290 (H − 1/8 O) + 25 S − 6 W
30—40	5.602	3°27	83.8	0.1235	0.3769	0 1838	83.23	16.65	99.88	11570 08
40—50	6.804	3°77	88.4	0 1236	0.3779	0.1850	83 38	16.63	100.01	11576.40
50—60	6.886	3°61	93.4	0.1236	0.3783	0.1849	83 47	16.62	100.09	11580.87
60—70	3.727	1°86	98.1	0 1056	0.3234	0.1526	83.52	16.17	99.69	11451.42
70—80	6.055	3°00	98.9	0 1012	0.3114	0 1424	83.92	15.74	99.66	11362 05
80—90	6.600	3°20	101.00	0 1046	0.3234	0.1476	84.32	15.78	100.10	11406.12
90—100	9 186	4°27	105.4	0 1312	0.4171	0 1840	84.83	15.15	99.98	11224.73
100—105	8.821	4°07	106.2	0.1048	0.3270	0.1433	85.10	15.00	100.10	11243.10
105—110	9.263	4°15	109.3							
110—115	8.782	3°91	112 3	0.1192	0.3716	0.1602	85 13	15.04	100.17	11257.13
115—120	8.911	3°74	116.7							
120—125	7.649	3°20	117.1	0.1019	0.3129	0.1348	85.27	14.70	99.97	11160.87
125—130	9.712	4°00	118.9							
130—135	9.010	3°65	120.9	0.1006	0.3156	0.1302	85.56	14.38	99.94	11100.50
135—140	7.907	3°15	123.0							
140—145	8.892	3°50	124.5	0.1023	0.3209	0.1331	85.57	14.46	100.03	11124.57
145—150	12.304	4°62	130.5							
150—155	8.147	3°05	130 9	0.1757	0.5514	0.2286	85.59	14.46	100.05	11126.19
155—160	7.830	2°92	131.4							
160—165	8.664	3°05	139.2	0 1124	0.3534	0.1446	85.75	14.30	100.05	11092.75
165—170	10.379	3°62	140.5							
170—175	8.226	2°83	142.4	0.0984	0.3094	0.1306	85.75	14.75	100.50	112232.25
175—180	6.256	2°11	145.3							
180—185	7.007	2°28	150.6	0.1211	0.3405	0.1562	85,69	14.33	100.02	11096.59
185—190	8.566	2°74	153 2							
190—195	7.969	2°43	160.7	0.1073	0.3249	0.1353	85.98	14.01	99.99	11027.27
195—200	8.389	2°55	161.2							
200—210	9 339	2°77	165.2	0 1300	0.410	0.1646	86.06	14 07	100.13	11051.16
210—220	7.354	2°16	167.3	0.1521	0.4801	0.1916	86.03	14.00	100.08	11032.48
220—230	7.831	2°22	170.6	0.1532	0.4836	0.1919	86.10	13 92	100.02	11010.90
230—240	6.715	1°90	173.2	0.1325	0.4183	0.1652	86.11	13.85	99.96	10991.41
240—250	9.564	2°63	178.5	0.1006	0.3177	0.1263	86 15	13.95	100.10	11023.65
250—260	10.231	2°77	180.9	0.1823	0.5759	0.2264	86.16	13.80	99.96	10980.96
260—270	6 843	1°80	186.3	0.1451	0.4585	0.1797	86.18	13.76	99.94	10970.98
270—280	6.739	1°75	188.7	0.1352	0.4276	0.1656	86.20	13.61	99.81	10929.10
280—290	7 966	2°03	192.3	0.1201	0.3795	0.1504	86.20	13.92	100.12	11019.00
290—300	10.317	2°59	195.7	0.1226	0.3876	0.153	86.22	14.01	100.23	11046.72
150—175	8.037	1°86	211.7	0.1321	0.4178	0.1502	86.25	13.90	100.15	11017.25
175—200	8.691	1°65	253.0	0.1414	0.4474	0.1718	86.29	13.59	99.88	10930.52
200—225	10.213	1°74	287.6	0.1502	0.4753	0.1671	86.31	13.60	89.91	10935.11
225—250	10.517	1°62	318.1	0.1320	0.4185	0.1447	86.50	13.40	99.90	10892.40
250—275	10.610	1°50	316.5	0.1234	0.3926	0 1422	86.77	12.89	99.66	10866.41
275—300	10 723	1°45	362.3	0.1282	0.4104	0.1460	87.31	12.74	100 05	10766.71
Rückstände über 300				0.1800	0.5740	0.2024	86.97	12 58	99.55	10792.72
Kohle				0.1210	0.4006	0.0690	90 26	6.38	96.64	9161.26
Rohöl				0.1256	0.3958	0.1540	85.94	13.72	99.66	10943.00

Fraktion Grad	D_{15}^{15}	Ausbeute in %	Englergrad	Spezifische Zähigkeit	Schmierfähigkeit Coeffic. Wasser $0^0 = 1$	Schmierfähigkeit Coeffic. n. Kryloff $\delta = \frac{T}{V}$	Entflamm.-punkt Grad	Entzündungs-punkt Grad	Refraktion Indices.	Molekulare Brechungs-vermög.	Absoluter Ausdehnungs-Coefficient	Optische Aktivität i. 200 m m. Rohr	Mittel der Leuchtkraft n. 6 Stunden	Oel-Verbrauch in Kerzen.stund	Heizwert	% C	% H	Molekular-gewicht
—30	0.6361	0.46	0.8864				unter 0	unter 0	1.351	27.06								
30–40	0.6389	0.68	0.8980						1.352	28.37	0.001575				11570.08	83.23	16.65	83.8
40—50	0.6501	1.08	0.9000						1.366	30.46	0.001516				11576.40	83.38	16.63	88.4
50–60	0.6681	0.90	0.9019				unt.÷15	unt.÷15	1.376	32.07	0.001485				11580.87	83.47	16.62	93.4
60—70	0.6898	1.02	0.9038						1.377	32.70	0.001435				11454.42	83.52	16.17	98.1
70—80	0.7056	2.73	0.9057						1 390	33.23	0.001431				11362.05	83.92	15.74	98.9
80—90	0.7248	2.40	0.9076						1.397	33.56	0.001382				11406.12	84.32	15.78	101.00
90—100	0.7384	2.68	0.9096						1.400	34.61	0.001270				11224.73	84.83	15.15	105.4
100 - 105	0.7417	1.86	0.9153				+ 15	+ 15.5	1.406	35.15	0.001246							106.2
105—110	0.7451	1.78	0.9230				+ 17	+ 18	1.402	35.74	0.001217				11243.10	85.10	15.00	109.3
110—115	0.7480	1.52	0.9288	.0.			+ 20	+ 23	1.406	36.88	0.001193							112.3
115—120	0.7521	1.09	0.9365	0.043	511.6	23.49	+ 22	+ 24	1.410	38.45	0.001153				11257.13	85.13	15.04	116.7
120—125	0.7561	1.98	0.9423	0.083	313.2	27.60	+ 26	+ 29	1.412	38.54	0.001145							117.1
125—130	0.7609	1.52	0.9500	0.129	240.3	32.63	+ 31	+ 34	1.428	40.23	0.001142				11169.87	85.27	14.70	118.9
130—135	0.7696	1.97	0.9557	0.161	211.2	35.58	+ 34	+ 36	1.429	40.50	0.001127							120.9
135—140	0.7762	1.63	0.9653	0.225	164.4	38.33	+ 37	+ 39.5	1.433	41.18	0.001111				11100.56	85.56	14.38	123.0
140—145	0.7801	1.54	0.9750	0.288	138.9	41.03	+ 40	+ 42	1.428	41.03	0.001107							124.5
145—150	0.7812	1.49	0.9826	0.351	119 6	42.74	+ 42	+ 45	1.435	43.48	0.001091		14.73	2.12	11124.57	85.57	14.46	130.5
150—155	0.7814	1.14	0.9884	0.367	131.0	47.55	+ 47	+ 47	1.436	43.80	0.001075							130.9
155—160	0.7830	1.01	0.9961	0.414	120.7	50.20	+ 50	+ 56	1.430	43.35	0.001066		16.73	2.31	11126.19	85.59	14.46	131.4
160—165	0.7893	0.99	1.0019	0.449	120.2	53.94	+ 54	+ 60	1.438	46.31	0.001042							139.2
165—170	0.7926	1.00	1.0076	0.483	118.0	56.60	+ 57	+ 64	1.437	46.43	0.001036		16.48	1.70	11092.75	85.75	14.30	140.5
170—175	0.7950	0.97	1.0115	0.516	116.3	59.35	+ 60	+ 67	1.437	46.94	0.001032							142.4
175—180	0.7967	0.94	1.0153	0.533	116 3	61.08	+ 62	+ 70	1.458	47.88	0.001027		15.99	2.41	112232.25	85.75	14.75	145.3
180—185	0.8013	1.04	1.0211	0.577	110.1	62.19	+ 63.5	+ 72	1.452	50.55	0.001021							150.6
185—190	0.8030	0.82	1.0288	0.618	103.6	62.26	+ 64	+ 75	1.450	51.25	0.001021		15.50	2.15	11096.59	85.69	14.33	153.2
190—195	0.8055	0.71	1.0384	0.684	99.64	65.51	+ 68	+ 78	1.435	52.06	0.001018							160.7
195—200	0.8079	0.58	1.0480	0.743	94.21	66.80	+ 70	+ 80	1.457	54.34	0.001011		14 22	2.40	11027.27	85.98	14.01	161.2
200—210	0.8114	1.74	1.0692	0.860	84.88	68.30	+ 73	+ 85	1.446	54.28	0.001003		15.15	2.49	11051.16	86.06	14.07	165.2
210—220	0.8150	1.81	1.0769	0.912	87.72	74.35	+ 80	+ 93	1.450	55.17	0.000985		12.30	2.54	11032.48	86.08	14.00	167.3
220—230	0.8217	3 29	1.0865	0.977	92.12	82.87	+ 90	+ 101	1.460	56.91	0.000952		14.05	2.63	11010.90	86.10	13.92	170.6
230—240	0.8271	2.76	1.1173	1.166	80.62	86.12	+ 94	+ 105	1.461	57.44	0.000941		12.00	2 55	10991.41	86.11	13.85	173.2
240—250	0.8316	2.49	1.1596	1.406	76.10	92.32	+ 107	+ 117	1.473	60.24	0.000929		10.73	2.71	11023.65	86.15	13.95	178.5
250—260	0.8366	2.58	1.2153	1.723	66.16	93.82	+ 114	+ 126	1.459	59.15	0.000913		11.75	2.58	10980.96	86.16	13.80	180.9
260—270	0.8404	2.52	1.2692	2.017	59.99	95.35	+ 121	+ 130	1.460	60.75	0.000902		10.34	2.74	10970.98	86.18	13.76	186.3
270–280	0.8430	2.44	1.3288	2.344	53.76	94.88	+ 126	+ 134	1.465	61.86	0.000890		8.40	2.91	10929.10	86.20	13.61	188.7
280—290	0.8443	2.40	1.4711	3.040	42 11	87.04	+ 128	+ 146	1.476	64.22	0 000877		3.38	6.21	11019.00	86.20	13.92	192.3
290–300	0.8454	2.37	1.6077	3.677	35 63	81.52	+ 131	+ 151	1.462	63.63	0.000869		2.97	6.11	11046.72	86.22	14.01	195.7
150—175	0.8571	2.09	1.8730	4.937	26.7	70.47	+ 132	+ 153	1.465	68.28	0 000853				11017.25	86.25	13.90	211.7
175–200	0.8633	2.92	2.0423	5.689	25.5	71.01	+ 145	+ 176	1.482	85.33	0.000807				10935.52	86.29	13.59	258.0
200—225	0.8678	3.08	2.4442	7.392	22.5	68.33	+ 167	+ 190	1.483	94.65	0.000789				10935.11	86.31	13.60	287.6
225—250	0.8752	3.70	2.9113	9.321	20.8	66.64	+ 194	+ 218	1.488	104.80	0.000771				10892.40	86.50	13.40	318.1
250—275	0.9040	4.28	3.6596	12.60	17 0	58.76	+ 215	+ 240	1.500	112.75	0.000725				10866.41	86.77	12.89	346.5
275—300	0.9112	3.32	5.8154	21.03	11.4	41.27	+ 240	+ 274	1.512	150.20	0.000735				10766.71	87.31	12.74	362.3
Rohöl	0.8367		1.13								0.000908				10943.00	85.94	13.72	

Muter Vakuum mit 2 mm. Druck.